



**I T H E A**



**International Journal**

**INFORMATION** **TECHNOLOGIES**  
&  
**KNOWLEDGE**



**2015 Volume 9 Number 2**



**International Journal  
INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE**

**Volume 9 / 2015, Number 2**

**EDITORIAL BOARD**

Editor in chief: **Krassimir Markov** (Bulgaria)

<b>Abdelmgeid Amin Ali</b>	(Egypt)	<b>Larissa Zaynutdinova</b>	(Russia)
<b>Aleksey Voloshin</b>	(Ukraine)	<b>Laura Ciocoiu</b>	(Romania)
<b>Alexander Kuzemin</b>	(Ukraine)	<b>Levon Aslanyan</b>	(Armenia)
<b>Alexander Palagin</b>	(Ukraine)	<b>Luis F. de Mingo</b>	(Spain)
<b>Alexey Petrovskiy</b>	(Russia)	<b>Natalia Ivanova</b>	(Russia)
<b>Alfredo Milani</b>	(Italy)	<b>Nataliia Kussul</b>	(Ukraine)
<b>Arnold Sterenharz</b>	(Germany)	<b>Natalia Pankratova</b>	(Ukraine)
<b>Avram Eskenazi</b>	(Bulgaria)	<b>Nelly Maneva</b>	(Bulgaria)
<b>Axel Lehmann</b>	(Germany)	<b>Nikolay Lyutov</b>	(Bulgaria)
<b>Darina Dicheva</b>	(USA)	<b>Orly Yadid-Pecht</b>	(Israel)
<b>Ekaterina Solovyova</b>	(Ukraine)	<b>Rafael Yusupov</b>	(Russia)
<b>George Totkov</b>	(Bulgaria)	<b>Rumyana Kirkova</b>	(Bulgaria)
<b>Hasmik Sahakyan</b>	(Armenia)	<b>Stoyan Poryazov</b>	(Bulgaria)
<b>Iliia Mitov</b>	(Bulgaria)	<b>Tatyana Gavrilova</b>	(Russia)
<b>Irina Petrova</b>	(Russia)	<b>Vadim Vagin</b>	(Russia)
<b>Ivan Popchev</b>	(Bulgaria)	<b>Vasil Sgurev</b>	(Bulgaria)
<b>Jeanne Schreurs</b>	(Belgium)	<b>Velina Slavova</b>	(Bulgaria)
<b>Juan Castellanos</b>	(Spain)	<b>Vitaliy Lozovskiy</b>	(Ukraine)
<b>Julita Vassileva</b>	(Canada)	<b>Vladimir Ryazanov</b>	(Russia)
<b>Karola Witschurke</b>	(Germany)	<b>Volodimir Doncheko</b>	(Ukraine)
<b>Koen Vanhoof</b>	(Belgium)	<b>Martin P. Mintchev</b>	(Canada)
<b>Krassimira B. Ivanova</b>	(Bulgaria)	<b>Yuriy Zaychenko</b>	(Ukraine)
		<b>Zhili Sun</b>	(UK)

**International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" (IJ ITK)  
is official publisher of the scientific papers of the members of  
the ITHEA International Scientific Society**

IJ ITK rules for preparing the manuscripts are compulsory.  
The **rules for the papers** for IJ ITK are given on [www.ithea.org](http://www.ithea.org)  
Responsibility for papers published in IJ ITK belongs to authors.

**International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 9, Number 2, 2015**  
Edited by the **Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA**, Bulgaria, in collaboration with:  
Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Bulgaria; V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of NAS, Ukraine;  
Universidad Politecnica de Madrid, Spain; Hasselt University, Belgium;  
St. Petersburg Institute of Informatics, RAS, Russia; Institute for Informatics and Automation Problems, NAS of the Republic of Armenia.

**Printed in Bulgaria**

**Publisher ITHEA®**

Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. [www.ithea.org](http://www.ithea.org), e-mail: [info@foibg.com](mailto:info@foibg.com)

Technical editor: Ina Markova

Издател: ИТЕА®, София 1000, ПК 775, България, [www.ithea.org](http://www.ithea.org), e-mail: [info@foibg.com](mailto:info@foibg.com)

**Copyright © 2015 All rights reserved for the publisher and all authors.**

© 2007-2015 "Information Technologies and Knowledge" is a trademark of ITHEA®

© ITHEA® is a registered trademark of FOI-Commerce Co.

**ISSN 1313-0455 (printed)**

**ISSN 1313-048X (online)**

## ON RECONSTRUCTION OF IMAGES

Souren Alaverdyan

**Abstract:** *This paper considers the problems related to processing of optically registered non-focused images in frequency domain, by the use of the two principal theorems of the domain: Kotelnikov [Kotelnikov, 2000] and Wiener [Ahmed & Rao, 1980] theorems, concerning signal and image processing.*

**Keywords:** *Filtration, frequency domain, image, Inverse, Wiener filtration*

**ACM Classification Keywords:** *I.4 Image Processing and Computer Vision, I.4.5 Reconstruction*

---

### Introduction

Methods and solutions of image processing problems (quality increase, reconstruction, segmentation, etc.) are subdivided into two principal classes – transforms in space domain, based on transformations of image describing matrices and elements (pixels), and frequency transformations, based on image transforms in spectral domain (Fourier transforms).

It is well known that there doesn't exist a general theory to solve the problem of image quality improvement. Thus, it could be that the algorithms for optically registered image improvement don't work to improve image quality when registered in other ways (X-ray or gamma-ray, by radiolocation, etc.).

In this paper the optically registered non-focused images processing problem is considered in frequency domain, based on two principal theorems concerning signal and image processing - by Kotelnikov [Kotelnikov, 2000] and Wiener [Ahmed & Rao, 1980; Pratt, 1982]. There exist large number of different publications and algorithmic realizations [SmartDeblur, 2015] solving these problems but some technique arising during the algorithmic realizations still remains open. For example, even if it is known the dispersion of inducing noise of impulse function, there appear an iterative time consuming process during the Wiener and inverse filtration processes.

One of the reasons of appearing iteration is the requirement on images to be stationary in the Wiener theorem. Also if the mean square value for image is the least, this fact can't be the quality characteristic of being images the best.

---

Evaluation of the number of the required iterations is a sensitive characteristic of the algorithm and its termination, but this is a separate problem not considered in this paper.

While registered, often there appear distortions of different type on the image, depending on characteristics of registering devices (sensitivity), technical situation or location and also peculiarities of the image area being registered. On images obtained by optical devices there can be violations of focal distance; there can appear diffusions when moving objects are registering, etc.

We consider the image as a function of two variables  $f(x,y)$  which is the projection of three dimensional field on to the two dimensional field of view, where  $(x,y)$  is a coordinate of any point of plane and  $f(x,y)$  is the light intensity in the point  $(x,y)$ .

We'll consider the problem of optically [Chen & Yong, 2010] registered distorted images reconstruction in spectral area. Because of optical systems focus on the falling light and that can be expressed by the Fourier transformation, then as it is known, the image reconstruction problem reduces to the solving of integral equations of second order.

---

### Image reconstruction

---

Let  $g(x,y)$  be the given/registered image and  $f(x,y)$  be the reconstructed image. Then the following equation takes place

$$g(x,y) = \iint f(u,v)h(x,y,u,v)dudv, \quad (1)$$

where the function  $h(x,y,u,v)$  is called image registering system's impulse response (output value corresponding to unit impulse) [Chen & Yong, 2010].

To solve this equation we'll give some assumptions.

**Definition.** The system is called space-invariant, if its impulse function response depends on the difference between input  $(x,y)$  and output  $(x,y)$  plane coordinates:

$$h(x,y,u,v) = h(x-u,y-v).$$



For such system the equation (1) may be represented as

$$g(x, y) = \iint f(u, v)h(x - u, y - v)dudv, \quad (2)$$

which is usually called the convolution. Equation (2) can also be represented as

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y). \quad (3)$$

Since  $f(x, y)$  is a function of image describing the range of vision, and  $g(x, y)$  is a function of the registered image, we can see that  $h(x, y)$  is a noise describing function.

In general case linear filtration algorithms are realized by transforms of type (2) having the following discrete representation

$$g_{i,j} = \sum_{k=i-r/2}^{i+r/2} \sum_{l=j-r/2}^{j+r/2} f_{k,l}h_{k-i+r/2,l-j+r/2}, \quad i \in [r/2, M + r/2], j \in [r/2, N + r/2]. \quad (4)$$

$M$  is number of image rows,  $N$  is number of image columns, the sum includes points of rectangle with the center at  $(i, j)$  and the edge  $2r + 1$ . Before applying the calculation of the transform (4) all parts of image should be already widened by the rectangular areas of width  $r/2$  (using zeros or repeating the boarder values).

In spectral domain the linear filtration algorithm is also based on convolution theorem, so instead of calculating by formula (4) it can be realized by the following formula:

$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v), \quad (5)$$

where  $G, F, H$  are Fourier transforms of functions  $g, f, h$ . Note, that complex multiplication is realized by all  $u, v$  frequencies.

Now we'll represent the mathematical model of the system:

- $f(x, y)$  - reconstructed image function (undistorted),
- $h(x, y)$  - noise causing function,
- $n(x, y)$  - total noise,
- $g(x, y)$  - distorted registered image (fuzzified, unfocused).

So we have the following representation of the process:

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + n(x, y). \quad (6)$$

It is required to find the impulse characteristic function which will be for the system the best reconstruction function  $\hat{f}$  by means of square distortion value

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\hat{f}_{i,j} - f_{i,j})^2} \rightarrow \min$$

The problem solution for linear stationary processes was given by Wiener. The proof and the detail are in given in [Ahmed & Rao, 1980]. The best approximating filter's spectral representation of function  $f(x, y)$  represents as [Ahmed & Rao, 1980]

$$\hat{F}(u, v) = \frac{1}{H(u, v)} \cdot \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_n(u, v) / S_f(u, v)} \cdot G(u, v), \quad (7)$$

where  $S_n(u, v)$  is the spectral density of additive noise and  $S_f(u, v)$  is the spectral density of the function  $f(x, y)$ . In general case these values are unknown. The ratio  $S_n(u, v) / S_f(u, v)$  is the inverse value of the signal-noise value. Its value in time domain is considered acceptable if it is in the interval of 30 - 40 decibels.

The noises induced by focal distance violations on the images registered by the optical devices mainly depend on the light dispersion, a problem described by the following two Gaussian functions:

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}},$$

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi r^2}, & \text{if } x^2 + y^2 < r^2 \\ 0, & \text{if } x^2 + y^2 \geq r^2. \end{cases}$$

If the image doesn't include an additive noise then  $n(x, y) = 0$  and formula (7) represents as

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}, \quad (8)$$

which is called an inverse filter.

---

### Inverse filters

---

In the model above, because of some device errors during the image registration under some frequencies the value of denominator  $H(u, v)$  of equation (8) becomes equal to 0 causing an indeterminacy situation. In such cases, the spectral value corresponding to this value of image is set equal to zero. As a result, on the filtered image there appear obvious horizontal or vertical (sometimes-curved) phenomena.

To reduce such occurrences we offer to realize in spectral domain the low-frequency interpolation:

$$\hat{F}(u, v) = \sum_{i=u-w}^{u+w} \sum_{j=v-w}^{v+w} S_{i,j}, \quad (9)$$

Where

$$S_{i,j} = \begin{cases} F(i, j) \frac{\sin(2\pi fi)}{i} \frac{\sin(2\pi fj)}{j}, & \text{if } i > 0, j > 0, \\ 2\pi f F(i, j) \frac{\sin(2\pi fj)}{j}, & \text{if } i = 0, j \neq 0, \\ 2\pi f F(i, j) \frac{\sin(2\pi fi)}{i}, & \text{if } i \neq 0, j = 0, \\ 4\pi^2 f^2 F(i, j), & \text{if } i = 0, j = 0, \\ 0, & \text{in other cases} \end{cases}$$

$f \in (0; 0,5)$ ,  $2w + 1$  – length of kernel.

From Wiener's theorem it follows that the minimum of the mean square distortion value doesn't depend on the type of orthogonal transformation. Therefore for speeding up the calculations other orthogonal transformations also can be used: cosine, Walsh, Haar etc. In this case Wiener's filtration is called suboptimal. Here we bring an example of suboptimal filtration.

Let the *covariance* matrices of the image and noise has the following appearance.

$$C_{\text{image}} = \begin{pmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \dots & \rho^{n-1} \\ \rho & 1 & \dots & & \rho^{n-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho^{n-1} & \rho^{n-2} & \dots & \rho & 1 \end{pmatrix}, C_{\text{noise}} = k \cdot I$$

where  $0 < \rho < 1$  is the correlation coefficient of the first-order Markov process,  $k$  is constant number and  $I$  is an *identity* matrix. In this case Wiener's filtration is considered suboptimal and instead of interpolation formula (9) could also be applied one-dimensional interpolation formula.

$$\hat{F}(u, v) = \sum_{j=v-w}^{v+w} s_j,$$

$$s_j = \begin{cases} F(u, j) \frac{\sin(2\pi f j)}{j}, & \text{if } j > 0, \\ 2\pi f F(u, j), & \text{if } j = 0, \\ 0, & \text{if } j < 0, \end{cases}$$

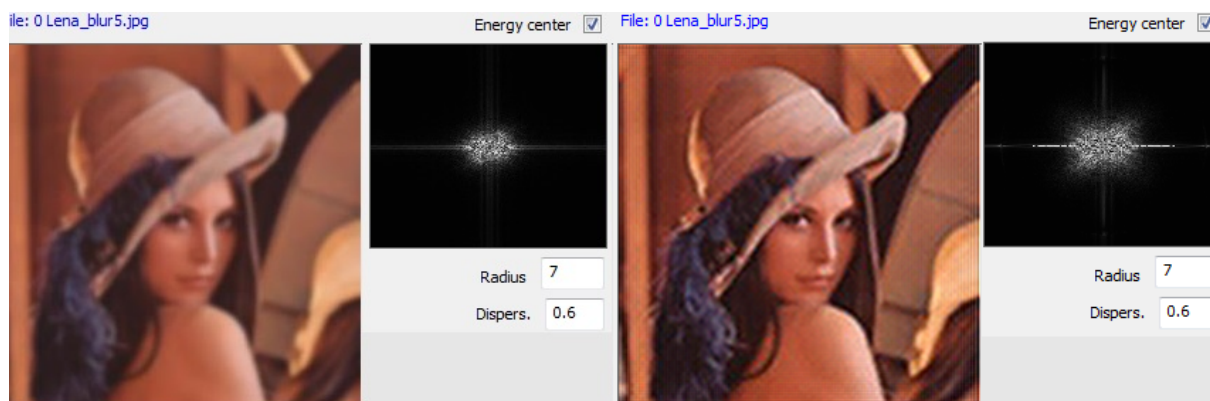
where  $f \in (0; 0,5)$ .

There are many internet investigations and program realizations of this problem.

We think, the system SmartDeblur-1.27-win is one of the best program realizations, but its mathematical apparatus is not presented in the work.

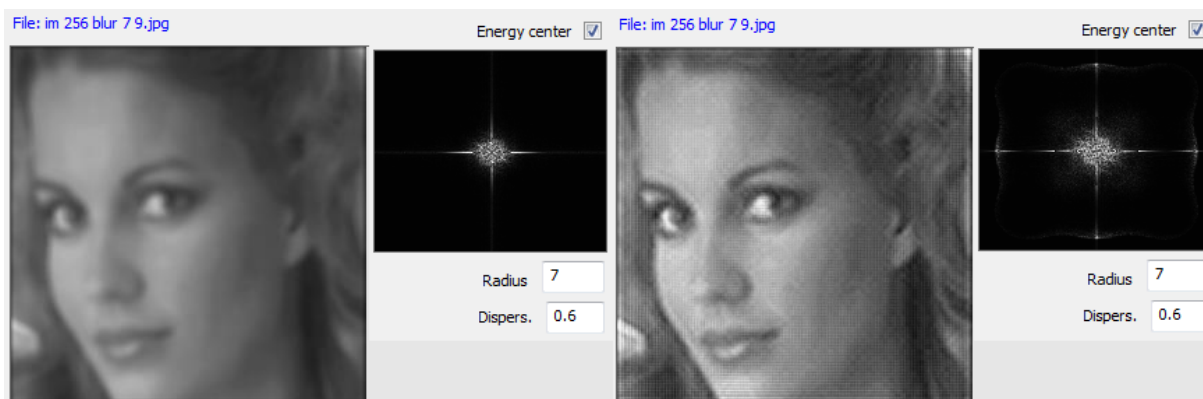
The program realization of method (5) - (9) presented in this paper has been fulfilled.

The result of the system work is given below.



**Figure 1.** a. input image (blur  $\sigma = 5$ ) b. restore image Inverse filter, iteration = 6

- a) Input image, that includes the gauss noise with dispersion  $\sigma = 5$  and radius  $r = 5$ ;  
 b) The result of the developed system,  $f = 0.45$  is used.



**Figure 2.** a. input image (blur  $\sigma = 9$ ,  $r = 7$ ) b. restore image Inverse filter, iteration = 5

- a) Input image, that includes the gauss noise with dispersion  $\sigma = 9$  and radius  $r = 7$ ;  
 b) The result of the developed system,  $f = 0.45$  is used.

In the above two figures it is implemented a Gaussian blurring on the original images with appropriate mentioned parameters, which gave as a result the images in Figure 1a and Figure 2a. Those images then considered as an input images for inverse filtering. Figures 1b and 2b are the images reconstructed via inverse filter.

---

**Conclusion**

---

In case of decreasing the power spectral density of the image, which is typical for high frequencies, denominator of the inverse filter given by formula (8) tends to zero

$$e_{u,v} = \left( \operatorname{Re}(H(u,v)) \right)^2 + \left( \operatorname{Im}(H(u,v)) \right)^2 \rightarrow 0. \quad (10)$$

During the implementation of the filtering it is usually considered  $\hat{F}(u,v) = 0$  [Ahmed & Rao, 1980] in such cases, which could cause horizontal and vertical smoothing on the reconstructed image.

In the paper for inverse filter's singular (10) values it is obtained a new method for calculation of spectral values of reconstructed image, which is given by interpolation formula (9). The experimental examples show good results, the horizontal and vertical smoothing are disappearing.

---

**Bibliography**

---

- [Ahmed & Rao, 1980] N. Ahmed, K. R. Rao, "Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing", Moscow, 1980, pp. 164 -181
- [Chen & Yong, 2010] Xiaogang Chen, Jie Yong, "Image deblur in gradient domain", Optical Engineering 49(11), 117003, November, 2010
- [Kotelnikov, 2000] Kotelnikov V. A., "On the transmission capacity of "ether" and wire in electro communications", (English translation, PDF), Izd. Red. Upr. Svyazzi RKKA (1933), Reprint in Modern Sampling Theory: Mathematics and Applications, Editors: J. J. Benedetto und PJSG Ferreira, Birkhauser (Boston) 2000, ISBN 0-8176-4023-1
- [Pratt, 1982] William K. Pratt, "Digital Image Processing", Mir, Moscow, 1982, v. 1, p. 16.
- [SmartDeblur, 2015] <http://smartdeblur.net/>

---

**Authors' Information**

---



**Souren Alaverdyan** - Institute for informatics and automation problems of NAS RA, 1, P. Sevak Street, Yerevan 0014, Armenia, e-mail: [souren@jpi.sci.am](mailto:souren@jpi.sci.am).

Major Fields of Scientific Research: Digital signal and image processing.

## MATHEMATICAL METHODS FOR ANALYSIS OF SOFTWARE-DEFINED NETWORKS

Tkachova Olena, Issam Saad, Mohammed Jamal Salim

**Abstract:** *Methods and mathematical tools for formalization analysis and verification of Software-Defined Network protocols are suggested in the paper. E-networks apparatus and linear temporal logics are proposed to be used as mathematical tools for modeling and analysis. These mathematical tools can be transparently used to analyze critical requirements and properties of Software-Defined Networks implementation - OpenFlow protocol. The suggested methodology is based on the modeling approach and sequence analysis of changes of OpenFlow protocol elements states. Apparatus of E-networks models the element states of SDN implementation. Such approach allows taking into account the asynchronous nature of complex processes in OpenFlow protocol and performing stateful inspection. The use of models of E-network allows analyzing such properties as reachability, boundedness, liveness, find loops and deadlock.*

*The given mathematical method also allows finding difference between specification and designed networks. The method is based on the verification of temporal logic within the context of relationships of satisfaction. Using temporal logic formalisms allows to analysis and verify inconsistent of specification's requirements. For this purpose formalism was designed that allows checking out the requirements form different specification versions of OpenFlow protocol.*

**Keywords:** *Openflow, FlowVisor, slice, E-network, temporal logic*

**ACM Classification Keywords:** *C.2.1 Network Architecture and Design - Network communications*

---

### Introduction

The paradigm of Software-Defined Network (SDN) is designed to simplify the process of data transfer and network infrastructure management [Open Networking Foundation, 2012]. One or more controllers manage multiple switches, responsible for the transmission of packets between network devices in SDN architecture.

The management protocols in the modern information networks must perform multiple simultaneous tasks for the successful functioning of the network infrastructure: from the routing and monitoring data to the access control and load balancing on network elements. According to SDN concepts, the

specified network protocols provide orchestration and choreography between management elements. OpenFlow protocol is used for implementing a wide variety of network tools and protocols. There is including routing circuits with and packet-switched traffic over the same switch, in-network load balancers, wireless sensor networks and optical network [Software-Defined Network, 2012].

While OpenFlow provides powerful means for specifying control-plane logic and protocols, the resulting networks may not satisfy necessary safety conditions and QoS guarantees [OpenFlow Switch Specification, 2012]. The value of service fields in OpenFlow protocol may be different depending on the requirements of the network infrastructure and services, operating in a network. OpenFlow protocol has no final realization to date. OpenFlow based on a number of different specifications that have significant differences between them.

Numbers of inconsistencies may occur in the process of development and implementation of SDN, leading the emergence of critical errors in the operation of the network. To eliminate errors and checking correct operation of the protocol is necessary to carry out its full analysis in the early design stages. These flaws could be extremely damaging if not detected before system deployment, especially in applications like vehicular control networks.

The use of formal methods in the context of the OpenFlow analysis and verification problems allows to clearly describing the set of properties that should be possessed in protocol, check their feasibility and compliance.

The advantage of formal methods is that the formalism of orchestration and choreography of processes, which corresponds to the correct operation of the protocol OpenFlow, can be used in the subsequent development as prototypes. Using prototypes allows to reduce time and costs of development.

---

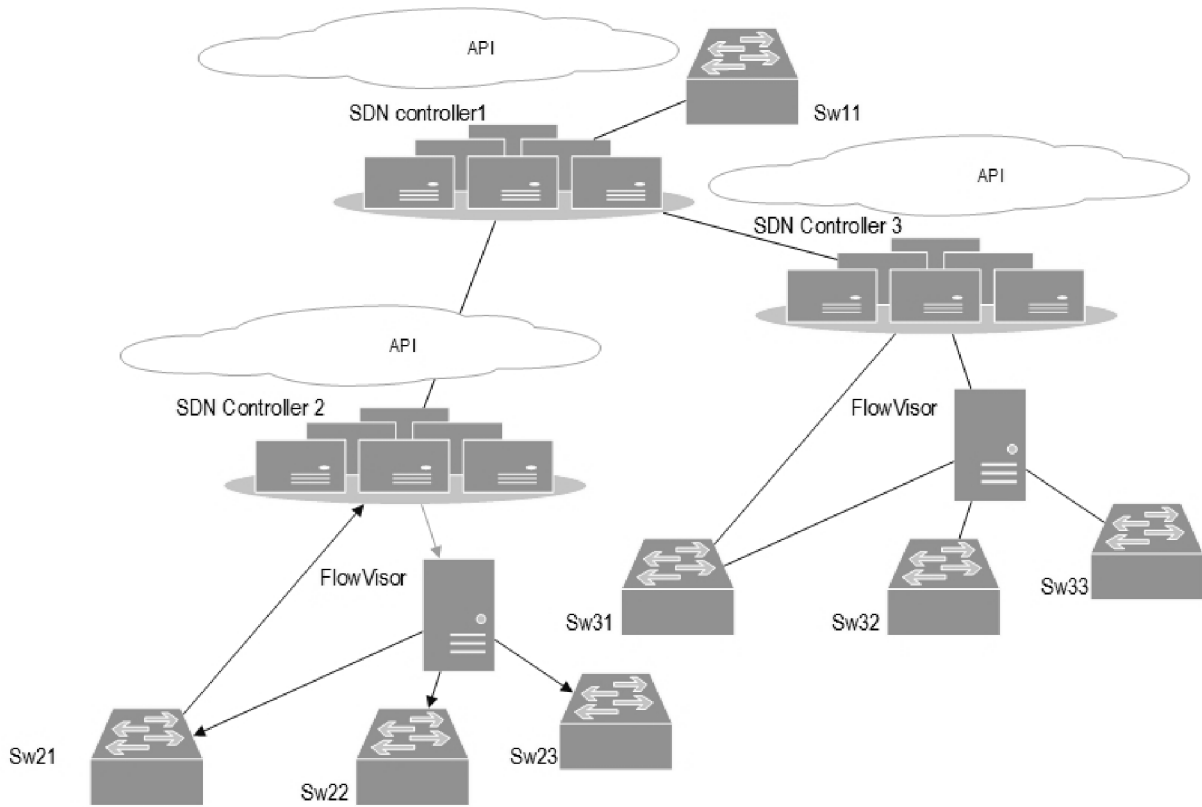
### **OpenFlow. Main requirements and formalization**

---

OpenFlow is an emerging standard for Software-Defined networking that enforces a clean separation of the data and control planes. The key elements of the protocol are OpenFlow switch and controller. OpenFlow switch acts as the custom side, controller acts as a central control unit. An OpenFlow switch routes data plane packets based on flow tables: ordered lists of rules guarded by a pattern to be matched over a packet header. These rules are installed by a controller, which is connected to each switch via a secure, dedicated link. The controller handles packets sent to it by OpenFlow switches and installs flow rules in the flow tables. The functionality of the controller determined completely by the application that it is being used to implement, but all controller programs must communicate with switches only by installing flow rules [Architecture SDN, 2014].



SDN provides a powerful, scalable infrastructure that used to tailor networks to specific tasks. To date, the concept of SDN used for building distributed network of educational institutions („campus” network), data centers, and distributed intelligent networks (networks with distributed data repositories). Example of Software-Defined Network topology (control plane level) shown on Figure 1.



**Figure 1.** Example of Software-Defined Network topology

SDN network configuration (controller and switches states) has dynamic parameters. Their correct interaction depends on the number of factors: the formation of the same type of routing tables that supports the same version of OpenFlow protocols, application of the same network operating system on controllers (NOX or POX), using the same packet processing mechanisms and other [Gude et al, 2008].

Each network represents as set of number parameters and their attributes. Transmission of information from node A (belonging to the field vision  $Sw_1$ ), a node B (belonging to the field of vision  $Sw_2$ ) can be defined as a formulation:

$$FI(T) : (SDN_1, C_1) \xrightarrow{j_1} (SDN_2, C_2) \xrightarrow{j_2} (SDN_3, C_3),$$

SDN<sub>i</sub> – network configuration, C<sub>i</sub> - temporary controller state, where i=1, 2, 3, etc.; j - message (instant) state.

Control plan according to SDN structure is based on the software, in particular on software implementations and OpenFlow controller switches (Sw). All SDN network design and planning beyond physical connectivity can be done in software, specifically in the design of the OpenFlow controller program. This allows for significantly expand network processing and routing functionality introduces the possibility that (like any other software program) logical or design errors could lead to unsafe or incorrect behavior.

Regardless of the structure and scope of the network infrastructure must be complied all requirements that match a specified level quality of service (QoS). The requirements that we will analyses such properties as:

- No losses in the process of routing and packet forwarding;
- No loops: any packet that enters the network will eventually exit the network;
- Network liveliness: all network elements involved in the transmission of data must be available and active;
- Correct work: all network conditions to ensure correct operation of the protocol to be achieved;
- Correct data paths formation: the search for the optimum data path, taking into account changes in the routes of transmission and mobility of end users;
- Safety: no unauthorized processes in the operation of the protocol;
- Quality of Services.

The first three requirements ensure reliably function, correct operation of the network (protocol OpenFlow), and ensure the provision of services. Correct formation data paths, data safety and providing the specified quality of service properties are individual for each SDNs: software implementation dependent OpenFlow switches and controllers, as well as the version of the protocol OpenFlow.

Overview of implemented SDN solutions [OpenFlow Switch Specification (Series), 2014] showed that the majority of errors occur is due to different interpretations of OpenFlow standards.

In order to analyze and verify the properties expressed above, it is necessary to represent formal methods that makes it possible to solve problems and eliminate errors. Specifically, in order to specify

---

correct behavior of systems (or any set of defined algorithms), it is first necessary to define mathematical formalisms.

The firstly, it is necessary to choose a set of processes  $P$  (include terminal processes  $P_t$ ), that is defined in the OpenFlow specification and correspond to network elements  $S_{SDN}$  (where  $S_{SDN}$  - state changing). Correspondence processes and states can be represented as a function  $f : P \rightarrow S_{SDN}$ .

Since SDN, is dynamic in nature, each entity OpenFlow protocol  $S'_{SDN}$  from set  $S$ :  $S'_{SDN} \in \{S\}$ , is correspond to individual set of processes  $P'$ ,  $P' \in \{S\}$ . Logical system that determines interaction of OpenFlow elements and the sequence change of their states  $(f, S_{SDN}, P)$  allows performing step-by-step verification services of protocol.

The required parameters guaranteed if and only if the requirement below is met:

$$(f, S_{SDN}, P)_{spec} \equiv (f, S_{SDN}, P)_{mod} \quad (1)$$

During the development and implementation of SDN is necessary to verify correspondence and consistency requirements [Wiatkowska et al, 2011]. Formal verification specification consistency of commands and rules can be represented as follows:

$$(f, S_{SDN}, P)'_{spec} \equiv (f, S_{SDN}, P)''_{spec} \quad (2)$$

SDN by nature are complex distributed systems. The number of network elements may vary considerably. Model approach is used as part of the formal submission for this class of systems. Its advantage is clear formalization of the elements and their interactions, and the accounting structure (topology) and behavioral properties of processes.

---

### Using E-network tools for modeling process of OpenFlow protocol

---

For modeling OpenFlow protocol is proposed to use the mathematical apparatus of E-networks [Losev, 2002]. E-networks have several advantages: allows the modeling of synchronous and asynchronous nature. Markers invariants takes into account the peculiarities of the protocol OpenFlow. OpenFlow operation defined by a set of attributes specified E-network.

---

E-network can be applied to tasks of different levels of abstraction: at the level of change in the OpenFlow switch routing tables (FlowTable) and its interaction with the SDN controller, routing data analysis, which are determined by switching rules. All network conditions and commands execution are modeling by transitions when using the E-networks, change switches and controller state displays positions.

The disadvantage of E-networks is absence of possibility to identify controller workload, and some of the characteristics related to time of execution (delay, executing time, packet arrival time). However, within of tasks, this factor is not taken into account.

As an example, the E-model network that depicted on the Figure 2. This model corresponds to the initial stage of the exchange of control messages between the controller and the switch [Software-Defined Network, 2012].

The State „Switch learning (porti)” corresponds to the new message that arrives on the switch ports (porti). State „Don't find” corresponds to the process of forwarding new control packet to controller. Switch forwards the message to the address that is specified in the destination source-forwarding table (state „Forwarding data”). State „Change table” corresponds to the processing of messages (change counters, priority destination). State „Change Command” corresponds to the transfer of the processed packet switch, which can be carried out directly or using FlowVisor.

The packets can be delivered to the switch that initiated the connection is established or all switches in the network in accordance with the OpenFlow specification. State „Receive all ports” defines this possibility in the given E-network model.

Consider the E-network transitions. Transition  $P_0$  corresponds to the process of a new message arrives (packet) of data devices. The transition  $P_1$  is a managed; it corresponds to a process of „learning” the switch. A control  $r(x)$  predicate contains information about the data listed in the forwarding table. Next rule must be met: message is forwarded to the controller only in the case when switch could not find any matches in the flow table. The process  $P_2$  contains preconditions perform: it made the transfer destination or the subsequent processing of the message fields. Transitions  $P_3$  and  $P_4$  corresponds to the process of packet processing controller. Transition  $P_5$  corresponds to the transfer of the same route. Transition  $P_6$  corresponds to encapsulate the packet by FlowVisor. Transitions  $P_t$  and  $P_t'$  corresponds to processing a packet that is received from the controller in accordance with an instruction set: entry in the forwarding table modification  $Tf(f_{din}(Modif,t))$  and packet drop  $Tf(Drop)$ .

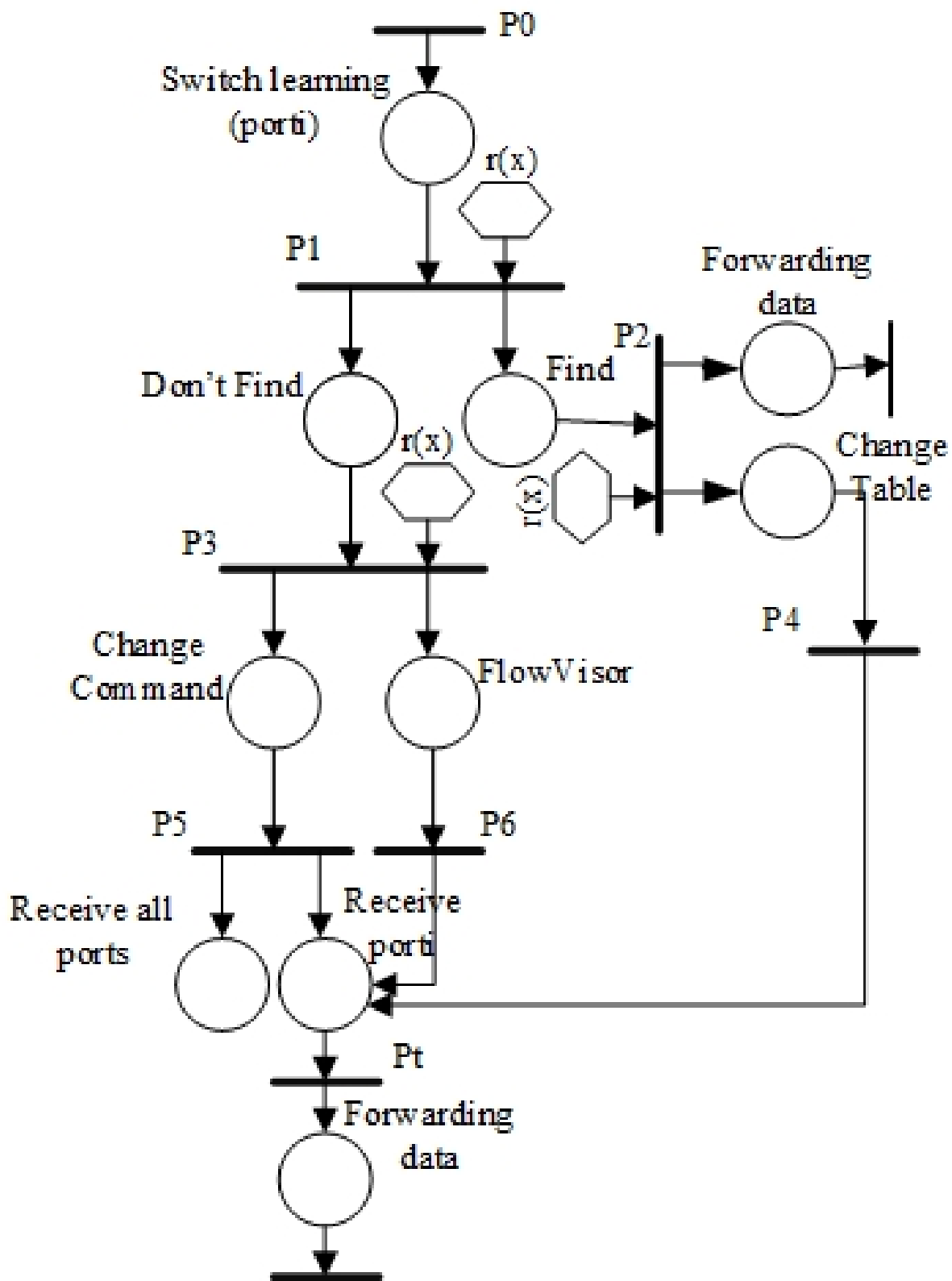


Figure 2. E-network model for OpenFlow initialization process (control plane)

---



---

### Using temporal logic for analyzing and verification OpenFlow protocol

---

OpenFlow specifications are represented by verbal methods and UML [OpenFlow Switch Specification (Series), 2014]. The main task of formalization is mapping verbal description of protocol behavior in terms of temporal logics. Let us consider two formalisms for describing properties of modeled SDN systems: Linear Temporal Logic (LTL) and Computation Tree Logic (CTL). LTL formulas are capable of expressing temporal properties of existence the set of model states. The first four parameters that are defined above (no losses in the process of routing and packet forwarding; no loops, network liveliness) are expressible as LTL formulas over a predicate that is true if and only if the corresponding model state is enabled [Jackson, 2002].

As has been noted, the development and modification of protocols may experience a whole series of defects in contrary to the requirements specification. Each temporal logic formula must be specified in terms of relationship satisfaction. This action will verify each temporal logic formulas for consistency requirements ( $\models$ ) [Clarke & Emerson, 1981].

**Definition 2.1.** The formula is defined between state  $s$  and an element of the formula  $\varphi$ , which must be true in this state ( $s \models \varphi$ ). The formalism  $s \models \varphi$  is true if and only if all of the true state. The formalists are associated by attitude of satisfaction:

$$s \models p \Leftrightarrow p \in Label(s);$$

**Definition 2.2.** Two temporal logic formulas are inconsistent, if there are no such conditions for which formulas are mutually exclusive. Consistency is verified on the way the formulas and formulas for state.

For example, the two statements are „reserved channel cannot be blocked”  $H.reserv \models Gactive$  and „after timeout reserved channel is blocked”  $H.reserv \models time-out \rightarrow \neg(active)$ .

Each SDN controller manages only its logical part of network and cannot affect the operation of the other network part. The separation of the network into logical networks (isolation or slicing) is quite time-consuming task.

FlowVisor is implemented as an OpenFlow proxy that intercepts messages between OpenFlow-enabled switches and OpenFlow controllers. FlowVisor defines a slice as a set of flows running on a topology of

---

switches. For this purpose, FlowVisor sits between each OpenFlow controller and the switches. FlowVisor, like any software networking solution has its own parameters and characteristics.

FlowVisor modification and configuration sections depend on the logic of the program code, network characteristics and version of the specification. To date, FlowVisor functionality supported OpenFlow version 1.1 only, the implementation of other versions often contain errors due to inaccuracies in the specification.

As example, we consider the slice creation process. Perform analysis of all interaction process between FlowVisor and controllers. Each slices restricted by affecting flows in their flows pace. The FlowVisor performs message rewriting to transparently ensure that a slice only has control over its own flows and cannot affect other slices flows. Not all rules can be rewritten to fit to a slice: the FlowVisor will only make rules more specific.

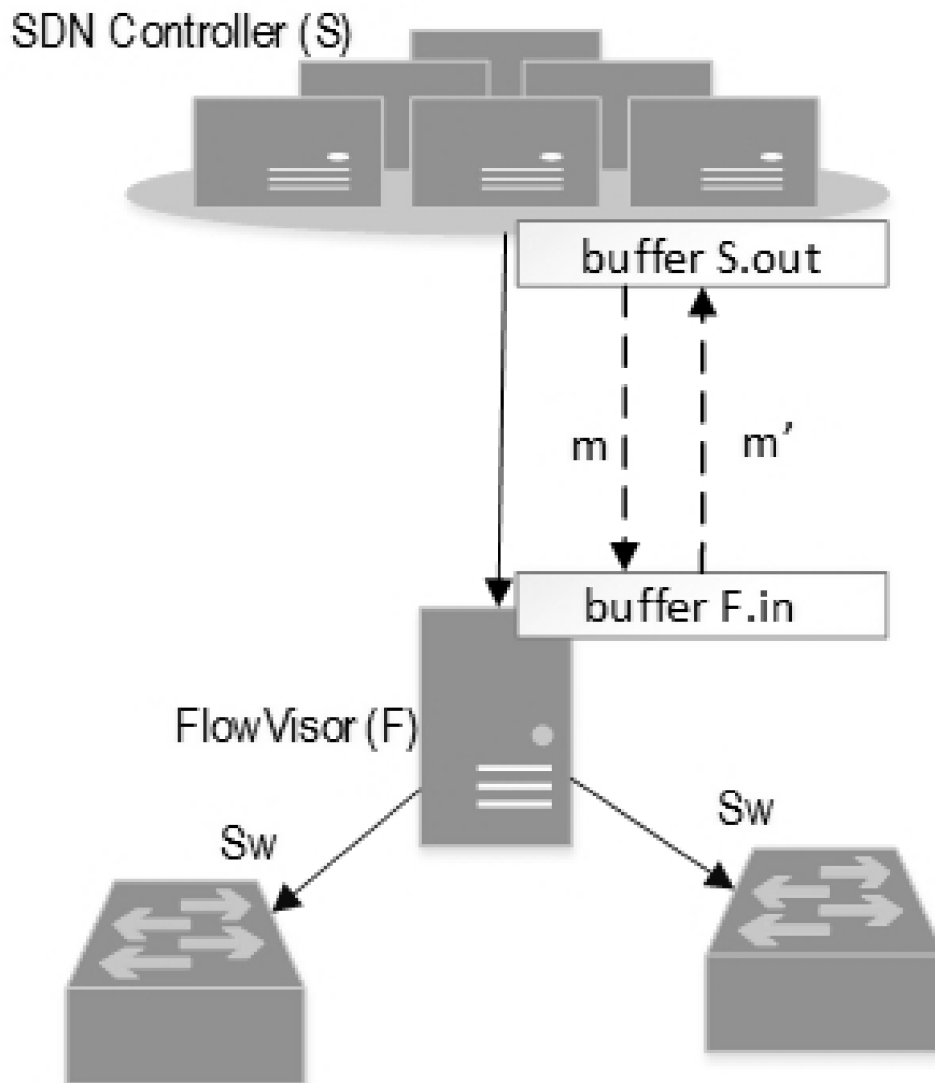
Slices configured in accordance with specific rules that depend on the requirements for virtualization and specifications of protocol.

Basic FlowVisor rules for each slice are [FlowVisor, 2009]:

- Data (control information) is read-only and forward;
- Modification of the data is permitted;
- Data should be discarded.

Usually slices are configured in accordance with the rules and policies laid down at work SDN. However, some of the rules, depending on the specification may overlap, which is contrary to the rules of traffic isolation. As an example of FlowVisor bandwidth slicing, consider the interaction between the SDN controller (S) and FlowVisor (FI). The process depicted on Figure 3. FlowVisor and controller have two type of buffer: input and output buffer. In our example we are looking for interaction between Flow Visor's output buffer (out) and controller input buffer (in).

SDN controller S sends a message  $m$  to FI. Firstly controller puts the message in the output buffer. FlowVisor receives messages by removing them from your input buffer in [FlowVisor, 2009]. For this example, the temporal logic alphabet consists of a set of atomic propositions: message exist in the buffer „in” and message exist in the buffer „out”:  $AP = \{(m, m_1, \dots, m_n) \in out\}, =\{(m', m'_1, \dots, m'_n) \in in\}$ .



**Figure 3.** Example SDN Controller-FlowVisor interaction

The formulas of temporal logic for FlowVisor slice isolation can be represented as noted below:

„The message cannot be in both buffers at the same time“:

$$G(m : out \wedge \neg m : in) \quad (3)$$

„FlowVisor do not lose messages“:

$$G(m : out \rightarrow F(m : in)) \quad (4)$$

„After receiving confirmation that the message has been delivered to the recipient, there is its removal from the buffer .out“:



$$G((m : out \wedge m : in) \cup \neg(m : out)) \quad (5)$$

„Messages sequence is stored in the slice“:

$$G(m : out \wedge \neg m' : out \wedge F(m' : out) \rightarrow F(m : in \wedge \neg m' : in) \wedge F(m' : out)) \quad (6)$$

The composed of the following rules to check for consistency. Rules are true throughout the interaction between FlowVisor and SDN controller and correspond to the formulas (8 - 11):

$$S.out \models G(m : out \wedge \neg m : in) \Leftrightarrow S.out \models m : out \wedge S.out \models \neg m : in ; \quad (7)$$

$$S.hannel \models G(m : out \rightarrow F(m : in)) \Leftrightarrow m : out \neq (m : in) ; \quad (8)$$

$$S.out \models G((m : out \wedge m : in) \rightarrow F \neg(m : out)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow S.out \models (m : out \wedge m : in) \wedge S.out \not\models \neg(m : out) \quad (9)$$

$$S.hannel \models G(m : out \wedge \neg m' : out \wedge F(m' : out)$$

$$\rightarrow F(m : in \wedge \neg m' : in) \wedge F(m' : out)) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m : out \wedge \neg m' : out \wedge F(m' : out) \neq (m : in \wedge \neg m' : in) \wedge F(m' : out) \quad (10)$$

Formula 8 and 10 contain a contradiction:

$$\Leftrightarrow S.out \models (m : out \wedge m : in) \wedge S.out \not\models \neg(m : out) \text{ and}$$

$$S.out \models G(m : out \wedge \neg m : in) \Leftrightarrow S.out \models m : out \wedge S.out \models \neg m : in .$$

Thus, the use of temporal logic allows detecting contradictions in the original specification. The cause of the loops and packet drop is the absence of mechanisms for timely warning SDN controller of overcrowding and lack of control commands.

---

## Conclusion

The basic principles and properties of Software-Defined Network are described in the paper. Such properties as liveness, lack of deadlocks and looping must be executed for correct work of SDN. We analyzed problems that lead to emergence of contradictions and the conflicts in work of the protocol.

The main problems are distinctions of functional requirements in different versions of specifications and incorrect representation of specification requirements. The suggested method is based on the modeling approach and sequence analysis of changes of OpenFlow protocol elements states. The E-network tools were used as a method for modeling and analyzing the SDN properties and their components. The formulas of temporal logic were used for the analysis of the specification in relationship satisfaction context.

---

---

Two processes of OpenFlow operation were considered: the process of new flow initialization and logical slice formation. Analysis of the E-network model for logical slice formation shows the place where deadlocks and loops can accrue. The sequence of action (formulas 8-9) leads to apparent of loop.

---

### Bibliography

---

- [Architecture SDN, 2014] Architecture SDN [Electronic resource] // Open Networking Foundation, 2014. Mode of access: <https://www.opennetworking.org/>
- [Clarke & Emerson, 1981] E. M. Clarke and E. A. Emerson, "Synthesis of synchronization skeletons for branching time temporal logic", In Logic of programs: Workshop, Yorktown Heights, NY, Springer-Verlag, 1981.
- [FlowVisor, 2009] FlowVisor: A Network Virtualization Layer [Electronic resource] // Open Networking Foundation, 2009, Mode of access: <http://archive.openflow.org/downloads/technicalreports/openflow-tr-2009-1-flowvisor.pdf>.
- [Gude et al, 2008] N. Gude et al, "Nox: towards an operating system for networks", ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(3), 2008, pp. 105–110.
- [Jackson, 2002] D. Jackson, "Alloy: a lightweight object-modelling notation", ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 11(2), 2002, pp. 256–290.
- [Losev, 2002] Ju. Losev, "Application methods of analysis for E-networks models SOD" / Ju. Losev, S. Shmatkov, I. Duravkin // Radiotechnics: All-Ukrainian. Science.-technical, 321(2), 2002, pp.49 – 151
- [Open Networking Foundation, 2012] Software-Defined Networking, The New Norm for Networks // Open Networking Foundation, 2012, Web. 3 January 2012, Mode of access: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>.
- [OpenFlow Switch Specification (Series), 2014] OpenFlow Switch Specification (Series) [Electronic resource] // Open Networking Foundation, 2014, Mode of access: <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/onf-specifications/openflow/>
- [OpenFlow Switch Specification, 2012] OpenFlow Switch Specification, Version 1.3.0 (Wire Protocol 0x04) [Electronic resource] // Open Networking Foundation, 2012, Mode of access: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.3.0.pdf>.
- [Software-Defined Network, 2012] Software-Defined Network: The New Norm for Networks [Electronic resource] // Open Networking Foundation, 2012. Mode of access:

<https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>

[Wiatkowska et al, 2011] M. Kwiatkowska, G. Norman, and D. Parker, "PRISM 4.0: Verification of Probabilistic Real-time Systems", In 23rd International Conference on Computer Aided Verification, Springer, 2011, pp. 585–591

---

### Authors' Information

---



**Tkachova Olena** – PhD, senior lecturer, Kharkiv National University of Radio Electronics, Faculty of Telecommunications and Instrumentation, Kharkov, Lenin Ave, 14, Ukraine,

e-mail: korov4enko@mail.ru

Major Fields of Scientific Research: Methods of analysis and verification of distributed information systems and information protocols. Analyze and verification of Software-Defined Networks



**Issam Saad** – postgraduate student, Kharkiv National University of Radio Electronics, Faculty of Telecommunications and Instrumentation, Kharkov, Lenin Ave, 14, Ukraine,

e-mail: 71dkh@ukr.net

Major Fields of Scientific Research: Methods of analysis and verification of distributed information systems and information protocols.



**Mohammed Jamal Salim** – postgraduate student, Odessa National Academy of Telecommunications named after O.S.Popov, Odessa Kowalska St., 1, Ukraine;

e-mail: tkachova@ukr.net

Major Fields of Scientific Research: Methods to ensure the availability of services in multiservice networks

## PODCASTS: A BRIDGE FROM E-LEARNING TO M-LEARNING

Larisa Savyuk, Oleksiy Voychenko

**Abstract:** *For educational organizations offering e-learning, intensive flow of technological innovations may be considered as both blessing and curse at the same time. On the one hand, many challenging tasks, such as creation of multimedia content, become easier with new technologies and tools, so e-learning creation, support and delivery is currently affordable in sense of investments and human resources as a part of common educational practice. On the other, large scale technological changes, such as transfer to a new platform, require meticulous analysis of potential benefits and drawbacks due to the need for personnel training, compatibility problems or unexpected development costs. Introduction of mobile learning as an option for distance learning delivery is a typical example. Nowadays e-learning services are available globally, so high technical quality and pedagogical soundness of learning offers are the issue of survival for educational organization. Technology innovations, as m-learning, cannot be ignored, taking into account wide availability of not only mobile devices but also mobile applications and services. Smartphone's and tablets are widely used by the youth for various forms of communication, including email, Skype and specific apps, for playing games, or for internet access to news, data and content - browsing/skimming, listening to favorite music or watching HD video. Therefore, e-learning organizations have no other choice than offer m-learning for their customers - a learning content in a mobile-accessible mode - as it enhances flexibility, extends "learning hours" by time spent on commuting, waiting, and unexpected breaks, and thus makes e-learning offer more attractive. Several approaches to introduce m-learning are known, and each of them has both benefits and drawbacks further discussed in the paper. Thus each organization has to make its own decision based on short- and long-term analysis of its resources, personnel skills and qualifications, potential audience, and many other factors. There is no universal method to evaluate all of them, and related error cost may be significant. Moreover, due to specifics of mobile devices and environment in which mobile learning takes place, as well as some implementation issues, mobile mode may be rather an option for e-learning delivery and cover some but not all learning experiences offered in a course. Therefore, introduction of m-learning should not be costly or time-consuming, and should not require changes of the established e-learning processes. Considering that m-learning is a new delivery method, we decide to offer it in a trial mode to evaluate customers' readiness and preferences and adjust related mechanisms and resources accordingly. Based on the analysis of the*

---

---

*approaches and requirements to mobile delivery, we suggest generating of podcasts as a first step in m-learning implementation. Further, the implementation of podcasts is described and its relevance is discussed.*

**Keywords:** *e-learning, m-learning, podcasting, LMS, content*

**ACM Classification Keywords:** *D. m Miscellaneous*

---

## **Introduction**

Nowadays highly qualified specialist cannot work a lifetime using once obtained knowledge. Almost any knowledge in rapidly developing areas after a while no longer meets the requirements [Savyuk, 2014]. To stay qualified a person has to constantly go through trainings, acquire new knowledge, get new professional skills, etc.

As a reply to this challenge raised new paradigm - Lifelong Learning - learning throughout life when professional activity is combined with educational activities, which means to work and study at the same time. This area is primarily concerned with adult education. Modern adult learning has its specifics.

The traditional solution to this problem is the use of distance learning technologies [Voychenko & Synytsya, 2011]. However, technological changes lead to an increasing demand for educational services in a mobile format.

Efficient m-learning often requires redesign of content, activities, interface, as well as access rules to cope with different presentation frame, non-learning environment challenges and input specifics. At initial stage of m-learning, an e-learning organization should evaluate its own potential as well as expected benefits from mobile delivery to select an appropriate approach.

Thus each organization has to make its own decision based on short- and long-term analysis of its resources, personnel skills and qualifications, potential audience, and many other factors. Implementation of m-learning solution may be a costly and sophisticated process

---

## **E-learning and m-learning**

The appropriate use of modern technologies for mobile learning still generates a large number of questions. One important aspect in the implementation of mobile learning in the educational practices of the institution is a clear understanding of the fact that at this stage of technological development the mobile learning is not a competitor to the traditional distance learning but rather its organic complement.

As an analogy, we may consider a comparison of a Smartphone and a laptop: the majority of students and actively use both, depending on the problem, but cases of complete rejection of a laptop in favor of

a Smartphone or vice versa never occur. In most cases, both devices are used in a complementary manner. For example, photographs taken by a Smartphone then are loaded on a laptop for further processing in an image editor, and audio files are copied from the laptop to a Smartphone for listening them at any time.

Returning from this analogy to the problem of determining the place of mobile learning in the educational process and the selection of the optimal strategy for its implementation, it is easy to notice that the most popular services of mobile learning will be in situations when access to a PC (laptop) is difficult or not possible. For example, when driving the use of a laptop is rather problematic, while a Smartphone may be successfully used for listening learning audios.

Another important issue is the understanding of Bring your own device (BYOD) policy [Wikipedia, 2015] in terms of m-learning. Students, especially adult ones are more likely to use their owned mobile devices for all tasks including learning rather than purchase new ones for particular learning purposes. So when planning the implementation of m-learning it is important to provide maximum interoperability of offered content/services with wide range of learners' devices.

There are a few approaches usually considered for m-learning implementation: adaptation of existing delivery methods to serve mobile devices, creation of mobile applications for a particular platform (native apps) or web apps.

Adaptation of e-learning solutions to mobile devices is offered in latest versions of LMS, such as MOODLE. In general, this is rather complicated and costly task, as it requires creation of mobile interfaces and modification of both LMS interface and learning content. Change of interface alone does not solve the problem, as learning content created for "traditional" computers may be displayed incorrectly or be missing on mobile devices. Courses designed according to the slides metaphor are intended for some range of screen sizes, so adaptation would require reconstruction of the content or dropping some part of it.

Interactive courses or their elements based on Adobe Flash technology do not work on Apple iOS mobile devices, and only some non-interactive fragments like videos could be converted into MP4 for mobile delivery. So, this approach in some cases leads to need of substantial changes in learning content and still gives no warranty that it would work well on the majority of mobile devices used by the learners.

Native apps for mobile devices are more popular as an efficient m-learning instrument, allowing learners to use the whole functionality of their mobile devices. Based on the features of a certain platform and device, they usually offer interactive activities and engaging content. However, their creation requires specific programming skills, and resulting product is deliverable to the chosen platform only. In contrast to corporate training, educational organizations usually rely on BYOD (bring your own

---

---

device) or rather “use your own device” principle and thus should be able to serve their audience using various platforms – at least Android, iOS, Windows Phone and may be more. The amount of resources necessary to deliver an hour of training depends on the number of supported platforms and availability of tools to replicate typical scenarios, but even in case of a single platform e-learning content production is more efficient and easy due to availability of authoring tools and producers’ skills requirements.

Web apps are an alternative to native ones based on HTML5 technology that ensures that the product will run on different platforms and behave in a similar way. It is also easier to find qualified developers, as HTML5 is gaining popularity. Cross-platform applications rely on browser’s interpretation of HTML5 and do not have access out-side the browser environment, for example to media gallery, camera, gyroscope, etc. The last two approaches are similar in a sense that programming efforts in creating a learning app exceed that of instructional design, so high expenses may be justified by creation of unique learning experience rather than repackaging existing learning content.

---

### **Podcasting**

---

A podcast is a sequence of digital media fragments called episodes that are published on some resource (website) and available for download or streaming for the sub-scribed users.

Podcasting is based on the RSS format with a specific element "enclosure" describing media content (a document, video or audio file) of an episode.

Podcasting is a popular service for sharing information and news on a range of topics, such as sport, politics, healthcare, entertainment etc., so learning podcasts clients may have already been subscribed to other types of podcasts. According to Apple, subscriptions of podcasts on iTunes reached the 1-billion mark last year and a study by Edison Research shows that 39 million Americans listen to some podcasts monthly [Weiner, 2014].

Here we consider three basic content types for podcasts: text, audio, video. There is a lot of free software available for creating and modifying digital content of these types.

While text processing is not a problem in the most cases, the production of audio and video content may be confusing for some users.

We recommend focusing on the simple approaches like creating media content using the disposal Smartphone. Use of particular software depends on the Smartphone platform but the general approach is almost uniform.

There are many services allowing authors to create and host their podcasts.

Probably the most popular one is Soundcloud ([www.soundcloud.com](http://www.soundcloud.com)). However it has certain limitations. As it becomes clear from its name, the service is dedicated for dealing only with audio content. Users are not allowed to use in their podcasts content other than audio files.

Moreover free accounts provide hosting for only 180 minutes of audio that is in most cases insufficient to host an educational podcast with audio recordings of several lectures. Paid options extend hosting capacity, but even in this case such solution seems to be reasonable only in case of providing just single authored audio-only pod-cast.

Another popular service is Archive.org. It allows hosting any kind of content and does not limit users in a disk quota used, but some users report problems with access to podcasts hosted there from iTunes, the most popular podcast player.

Another problem is file management as Archive.org is aimed to keep all previously uploaded data; the deletion of previously updated digital content may cause some difficulties.

Amazon Simple Storage Service (S3) provides good set of features to host podcasts. It charges reasonable prices for its service. However, the total cost depends on popularity of the content (number of downloads), which is probably appropriate choice for companies and individuals promoting commercial content like music or talk shows but does not seem to be a good choice for educational institutions. As it can be seen from a short overview above, most of the podcast services are not free, and many of them set some limitations.

If a podcast service supports only certain type of media, organization would need to use two services to distribute both audio and video materials, and text documents still need to be cared of.

The organization may choose to install its own server for generating necessary pod-casts instead of using available cloud services; however, it involves both initial investments and ongoing costs for administration of the server, content management, users support, etc.

Selection of free podcast players' software is available for all major mobile platforms as well as for PCs.

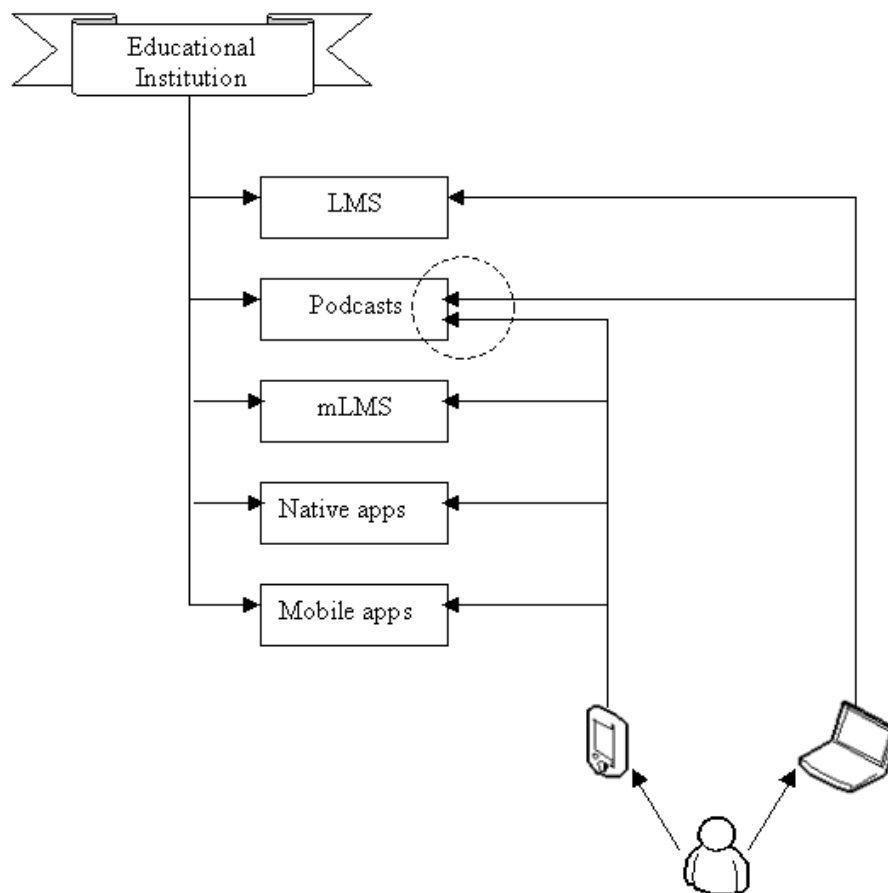
Podcasts may be considered as one of the first successful technologies used for mobile content delivery in a form of audio information. Its potential for learning was built on a long-term practice of broadcasting through educational video and audio channels and users' habits of downloading music or audio books to listen during commuting to school or university.

Figure 1 illustrates options for learning content access from various devices.

Experiments with podcasting in education were inspired by the idea of giving students access to the learning resource which could be re-played and operated by the student in contrast to a real lecture or tutorial. Indeed, the research findings indicate benefits of podcasting perceived by the students, such as increased flexibility in time management, ability to listen to the missed lecture, get back to important



fragments, or stop the audio while checking associated information [Tynan & Colbran, 2006; Evans, 2008].



**Figure 1.** Options for learning content access from various devices

## Conclusion

Suggested approach to introduce m-learning elements as a part of m-learning development strategy for educational organization met all requirements. It does not involve additional investments or operational costs, staff training or significant changes in routine procedures of the tutors. It does not require a preparatory stage or involvement of external experts. It extends access options for existing learning materials and thus eliminates issues of uneven opportunities.

The use of podcasts from mobile devices may be a good indicator of the audience's overall interest to m-learning, and willingness to extend learning habits. A pilot project based on podcasts may be a reliable source of information concerning mobile devices used by the students and practice of their use. Statistics and a short questionnaire can save a lot of efforts by helping identify what type of learning content would be most popular on mobile devices without jumping into development, transformation or adaptation of the course for mobile delivery.

## Bibliography

---

- [Evans, 2008] Evans, C., "The effectiveness of m-learning in the form of podcast revision lectures in higher education", *Computers & education*, 50(2), 2008, pp. 491–498
- [Savyuk, 2014] Savyuk L. "Creation of module of professional and psychological selection of shift engineers in gas compressor service in the structure of computer training facility", *Proceedings of Ninth international conference "New Information Technologies in Education for All" (ITEA-2014)*, Kiev, Ukraine, pp. 130-138.
- [Tynan & Colbran, 2006] Tynan, B., Colbran, S., "Podcasting, student learning and expectations", In *Proceedings ASCILITE 2006: 23rd Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, Sydney University Press.
- [Voychenko & Synytsya, 2011] O. Voychenko, and K. Synytsya, "Knowledge sharing via Web 2.0 for diverse student groups in distance learning", *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, IEEE, 2011, pp. 933-936.
- [Weiner, 2014] Weiner J., *The Voices. Toward a critical theory of podcasting*, 2014 [http://www.slate.com/articles/arts/ten\\_years\\_in\\_your\\_ears/2014/12/what\\_makes\\_podcasts\\_so\\_addictive\\_and\\_pleasurable.html](http://www.slate.com/articles/arts/ten_years_in_your_ears/2014/12/what_makes_podcasts_so_addictive_and_pleasurable.html) (accessed on: 15.04.2015)
- [Wikipedia, 2015] Bring your own device: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bring\\_your\\_own\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Bring_your_own_device) (accessed on: 15.04.2015)

---

## Authors' Information

---



**Larisa Savyuk** – Chair of Ukrainian forum of distance and mobile learning, Ph.D., assistant professor of chair of computer technologies in control systems and automation at Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas; e-mail: [larisasavyuk@ufdml.org](mailto:larisasavyuk@ufdml.org),

WEB: <http://ufdml.org/>

*Certified specialist in distance learning courses development and teaching*



**Oleksiy Voychenko** – Executive director of Ukrainian forum of distance and mobile learning, researcher at IRTC ITS; e-mail: [asher\\_alex@hotmail.com](mailto:asher_alex@hotmail.com)

*A member of program Committee for 11th International Conference on Mobile Learning 2015*

## INTELLECTUAL SEARCH ENGINE OF ADEQUATE INFORMATION IN INTERNET FOR CREATING DATABASES AND KNOWLEDGE BASES

Oleksandr Kuzomin, Bohdan Tkachenko

**Abstract:** *Modern Web is more comparable to boundless universe of information. Sometimes it is very difficult to find relevant information in Web because of a variety of information and "unfair play" by some of webmasters. Even popular and powerful search engines like Google, Yahoo, Yandex and Bing sometimes cannot provide relevant information. In this work we are trying to find new methods, algorithms and approaches to make Web search faster and more efficient.*

**Keywords:** *information retrieval, content analysis, document indexing, information storage, search engine, crawler*

**ACM Classification Keywords:** *D.2.11 Software Architectures, H.3.1 Content Analysis and Indexing, H.3.2 Information Storage, H.3.3 Information Search and Retrieval*

---

### Introduction

---

We created cluster for informational retrieval and analysis. It collects information across the Web and stored in our database. It can collect information in parallel with unlimited number of nodes, so it is easy to scale crawler. Then it processes collected information and creates knowledge base. It determines keywords and entities from text of each and every document, as well as dates, addresses and names. It also stores all the previous versions of documents, so you can search them even when document is not more available in Web. All this information helps to distinguish relevant and irrelevant information.

---

### Crawling Web and Storing Documents

---

To make crawlers really independent and fast we used the following approach: Crawler asks from Queue for next URL and then Crawler downloads this URL and puts it to Documents Storage. Then it just asks for the next URL. When new URL appears at Documents Storage, initial processing is started [Miner, 2012]. Initial processing extracts all URLs from the document and puts new ones in the Queue, so Crawlers later will download these URLs too. So this approach allows us to download as many documents as possible independently. This algorithm is shown on Figure 2.

```
var redis = require('redis');
var request = require('request');
var client = redis.createClient();
var storage = require('./storage_client');

function getNextURL() {
  client.brpop(['queue', 0], function (listName, url) {
    request(url).then(function (data) {
      storage.put(url, new Date, data);
    });
  });
}

getNextURL();
```

Figure 1:

Queue is implemented on basis of Redis. Redis is a very fast and reliable key-value store and it is very useful in our case. Below is a part of Crawler's code (Figure 1).

There is also another interesting part - Documents Storage. It is not just a URL -> Document storage. It also has versioning features, so it can store different versions of documents. It is actually stores just differences between documents, so stored documents need less storage and, as a result, we can store more documents on our servers. We implemented a special version and document-oriented. It uses minimum amount of storage and in the same time it can rapidly deliver requested document.

Initial processing step is quite easy. It extracts all URLs with simple regular expression query (Figure 3).

---

### Indexing documents and making Knowledge base

---

Old search engines were very slow because every time when user was making query, search engine searched this text in each and every document. But modern search engines are making indexes when document appears in the system. So we are using the same approach here. When new document appears in our Documents Storage, independent subsystem, called Indexer is processing these documents, fetching different data and metadata from it.

Basically, it splits document by words and makes index for each and every word in a document: later, when we need to find some word in our Documents Storage we can just look up in Index Storage for this word and quickly find ALL documents with this word with the positions where this word can be found in the document. It is enough to find documents, but we need more information to rank information and return only relevant information for user.

So, on this step we also collect additional information:

#### 1. Distance between each word in a document

When user makes query like "cheap flights to Germany" he means that he wants to take a cheap flight to any city in Germany. If we will just show him pages that have words "cheap", "flights", "Germany" then we cannot guarantee that first results will be relevant, because there are a lot of pages that have these words, but they are scattered along

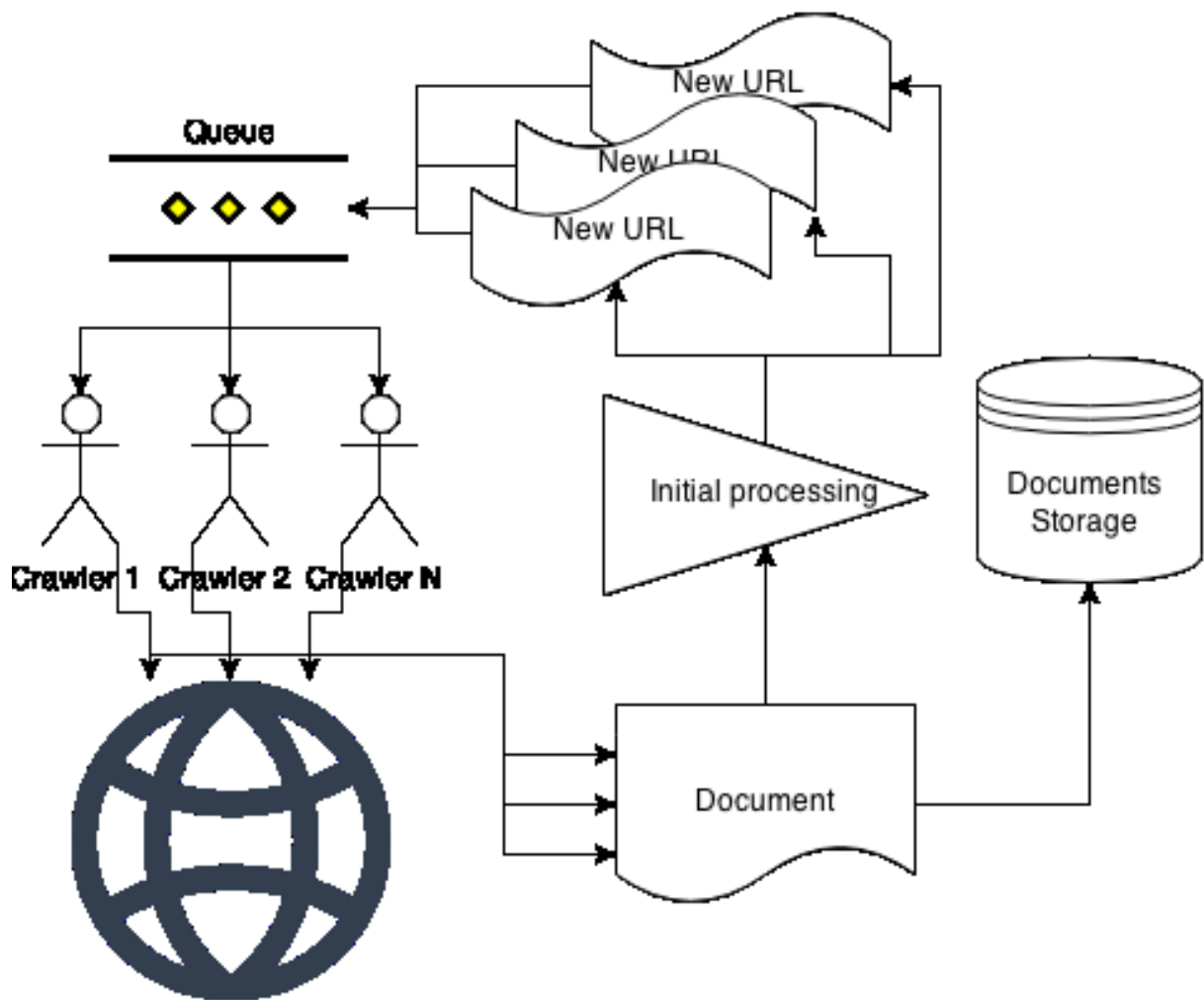


Figure 2:

`/(http|ftp|https):\/\/[\w-]+(\.[\w-]+)+([\w-\/.,@?^=%& ;:\/~\+#]*[\w-\/@?^=%& ;:\/~\+#])?/g`

Figure 3:



country has property "population" and we also have exact property value in our Knowledge Base, so we already can answer user "45 million".

## 5. Author

It is also very important, because when we know author of a document, then we can first show, for example, documents with favorite author of a user or to show documents with researchers in a zone of interest of a user.

There are several ways to detect an author of a document:

- Document metadata (in head of HTML code)  
*<meta name="author" content="Bill Gates" />*
- Direct match in text  
*Author: Bill Gates*  
*Published on ... by Bill Gates*
- Indirect match in text  
*My name is Bill Gates and I want to tell you a story about...*
- Quotes in other documents  
*Citations: "You must be the change you wish to see in the world. - Gandhi"*  
*URLs to document: "New article by Bill Gates - http://..."*
- Social networks  
*For example, someone wrote an article and said in Twitter "My new article about search engines - http://..."*

Of course, some of these methods are not very reliable, but in sum several methods can give pretty good results.

## 6. Geolocation

Very often users want to get local result first. For example, if user is making query like "pizza" then probably he wants to see pizza restaurants nearby. So we need to detect a location of every document and then rank result by distance to the user (Figure 5). We can do this by detecting IP address of a resource and then using GeoIP database we can detect the location. But, this location will not be very accurate. But, luckily, websites like pizza restaurants often have exact address information on a separate page or in the header of the page. So we can use this information to get most accurate location of a resource.

## 7. Zone of interest

We are trying to sort each document by zones of interest and save this information in metadata. So when our user is photographer then probably he wants photography and art-related results, but when user is engineer then on the first place he wants results that are related to engineering [Gauch, 2003].

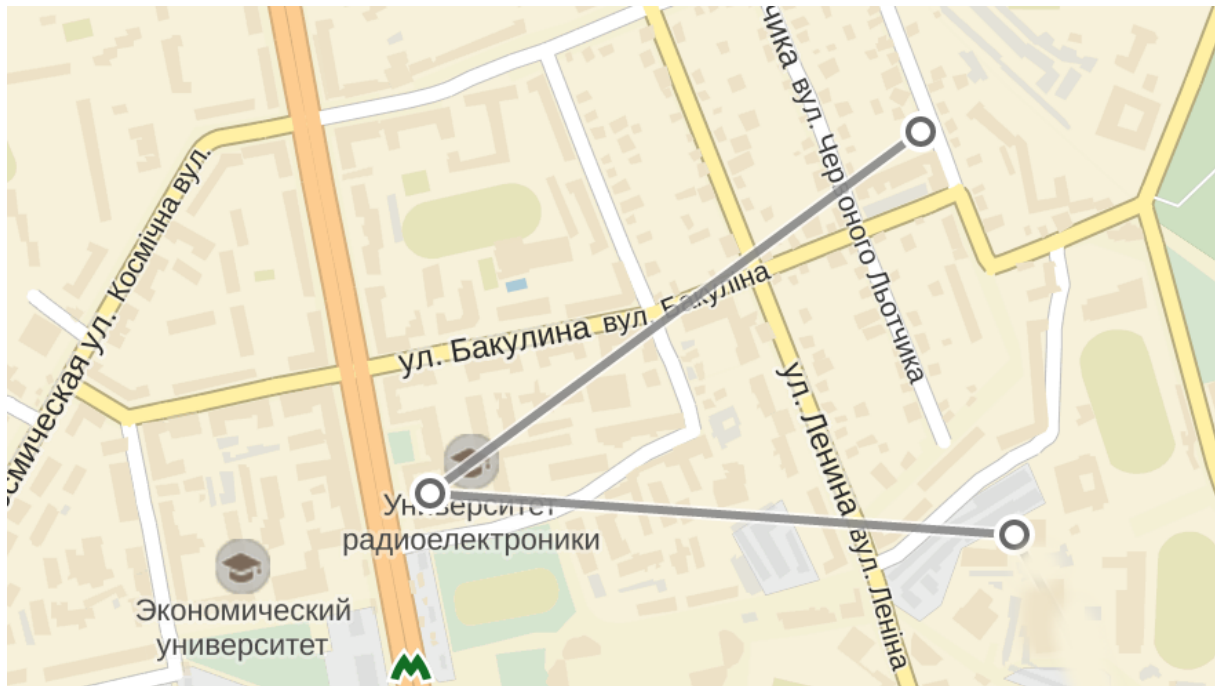


Figure 5:

To detect zone of interest of user we are recording all his searches to make prediction of his zone of interest. We are also using his profiles in social networks and his public messages in social networks.

To detect zone of interest of a document, we are using top keywords and entities of a document to find best zone of interest of this document.

On Figure 6 we can see results for sample document. Each blue dot is a keyword. They appear on a plot by their usage frequency and by distance to each other. So we can select three groups of keywords and assume that these three groups are zones of interest. Next we can try to find existing zone of interest with such terms and if such zone is not exists then we can create new one.

---

### Improving the knowledge base

---

We need to have frequently updated and fact-oriented knowledge base to detect entities in our document. Luckily there are several existing open knowledge bases. We are using them as the basis for our knowledge base and also we are expanding this knowledge by knowledge that we got from Web. Currently we are using following knowledge bases:

- Wikipedia
- DBpedia
- Freebase
- Wikidata



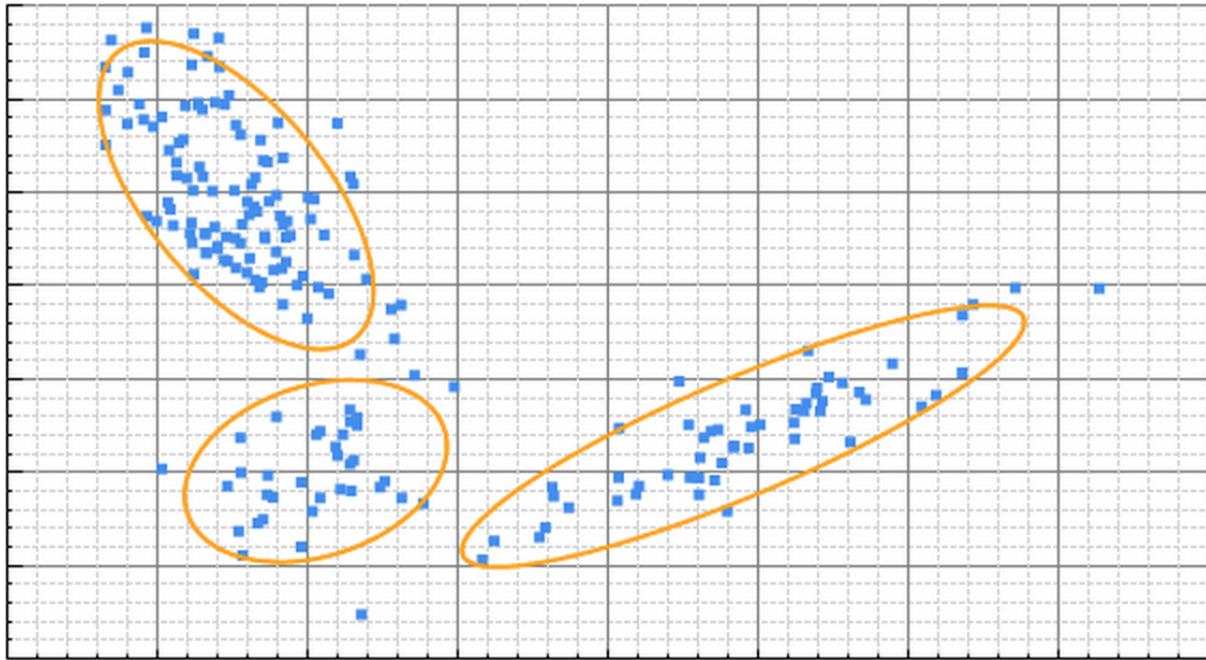


Figure 6:

We are also using facts from these knowledge bases to filter knowingly false statements to rank document that are using such statements with low rank. Our knowledge base is updated only when all given statements are knowingly true and only one or two statements are not defined yet. This information is supported by later when other resources publish the same statements. It is like voting for some statement by other authors. So if authors think that information is correct, they can approve it in their documents and it will update knowledge base.

---

## Conclusion

In this paper we researched models, methods and approaches that we are using in our search engine. We described architecture of a crawling system which can run in parallel independently. Our system also collects metadata information from Web pages which is used to find relevant pages quickly. We also created knowledge base that uses popular open knowledge bases and it can also automatically populate with new knowledge.

---

## Bibliography

[Gauch, 2003] Susan Gauch, Jason Chaffee, and Alexander Pretschner. 2003. Ontology-based personalized search and browsing. *Web Intelli. and Agent Sys.* 1, 3-4 (December 2003), 219-234.

[Miner, 2012] Donald Miner and Adam Shook. 2012. *Mapreduce Design Patterns: Building Effective Algorithms and Analytics for Hadoop and Other Systems* (1st ed.). O'Reilly Media, Inc..

[Manning, 2008] Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, and Hinrich Schutze. 2008. Introduction to Information Retrieval. Cambridge University Press, New York, NY, USA.

[Takhirov, 2012] Naimdjon Takhirov, Fabien Duchateau, and Trond Aalberg. 2012. An evidence-based verification approach to extract entities and relations for knowledge base population. In Proceedings of the 11th international conference on The Semantic Web - Volume Part I (ISWC'12), Philippe Cudre-Mauroux, Jeff Heflin, Evren Sirin, Tania Tudorache, and Jerome Euzenat (Eds.), Vol. Part I. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 575-590

---

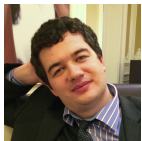
### Authors' Information

---



**Oleksandr Kuzomin** - Prof. Dr., Department of Informatics, Office of Innovations & Marketing, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; tel.: +38(057)7021515; e-mail: [oleksandr.kuzomin@gmail.com](mailto:oleksandr.kuzomin@gmail.com)

*Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Decision Making, Emergency Prevention, Data Mining, Business Informatics*



**Bohdan Tkachenko** - PhD degree student, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv; Ukraine; e-mail: [bohdan@tkachenko.io](mailto:bohdan@tkachenko.io)

*Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Knowledge Discovery and Engineering, Data Mining, Business Informatics*

# SOCIAL SEARCH ENGINE AND INTELLECTUAL DATABASE OF PEOPLE

**Oleksandr Kuzomin, Mariia Tkachenko**

**Abstract:** *Social networks are the core of modern Web. Nowadays almost every person have pages in several social networks. Social networks are very structured, so it is possible to make advanced queries for data in social networks. Special algorithms can make Web search more powerful using social information. We developed this social search engine as a part of our Tempus project for Business-Alumni. It searches for alumni in Web by list of alumni from universities.*

**Keywords:** *information retrieval, content analysis, document indexing, search engine, crawler, social networks, social search, alumni*

**ACM Classification Keywords:** *D.2.11 Software Architectures, H.3.1 Content Analysis and Indexing, H.3.2 Information Storage, H.3.3 Information Search and Retrieval*

---

## Introduction

We created social search engine. It collects people public information across the Web and stores it in our database. It uses different social networks as as source of information, as well as our own crawler that searches for social information on websites that are not social networks. It also saves links to all posts, publications, public messages and photos of found persons. So when performing search it is easier to understand is it correct person, when you see messages by this person.

---

## Using APIs of well-known social networks

All big social networks have their API that allows third-party applications to use social networks using predefined classes and methods [Russell, 2013]. In our system we actually need three types of queries:

- 1) find person by name;
- 2) get all posts and photos of given person;

3) get person's friends.

As we designed it to find alumni, then item 3 becomes very handy. Alumni often add each other to their friends, so if we request his friends, probably we can find there another alumni that we are looking for. If we are looking for some group graduated then we can start from 1-3 persons and using social graph (Figure 1) to find the rest.

And we actually targeting at 3 types of information: 1) personal information (name, age, birth date, etc.); 2) posts, messages; 3) photos.

Also we can divide social networks by two groups: personal and work.

Major social networks APIs that we are using:

Social network	Personal information	Posts	Photos	Personal usage	Work usage
Facebook	+	+	+	+	+
Twitter	+	-	+	+	+
Google+	+	+	+	+	+
VK	+	+	+	+	-
LinkedIn	+	+	-	-	+
MoiKrug	+	-	-	-	+
YouTube	-	+	-	+	-
Instagram	-	-	+	+	-
GitHub	+	-	-	-	+

We created modules for each social network that uses API of this network. All this modules have the same program interface, so we can simply query all social networks one-by-one. When user queries for some person, our system responds with results from all data sources plus our own crawler results.

---

### Named entity recognition

---

To search people over the Web we implemented named entity recognition subsystem. It can find people names on web pages. Named entity recognition involves the supervised training of a statistical model or more direct methods like dictionary matching or regular expression matching. We use named entity recognition algorithms to recognize names in texts that processing. The ability to recognize previously unknown entities is an essential part of our system. Most of existing systems are rule-based. It means that recognition is limited to pre-defined rules [Nadeau, 2007]. So such system should be able to add new rules. Basically, there are three learning methods to add new rules:

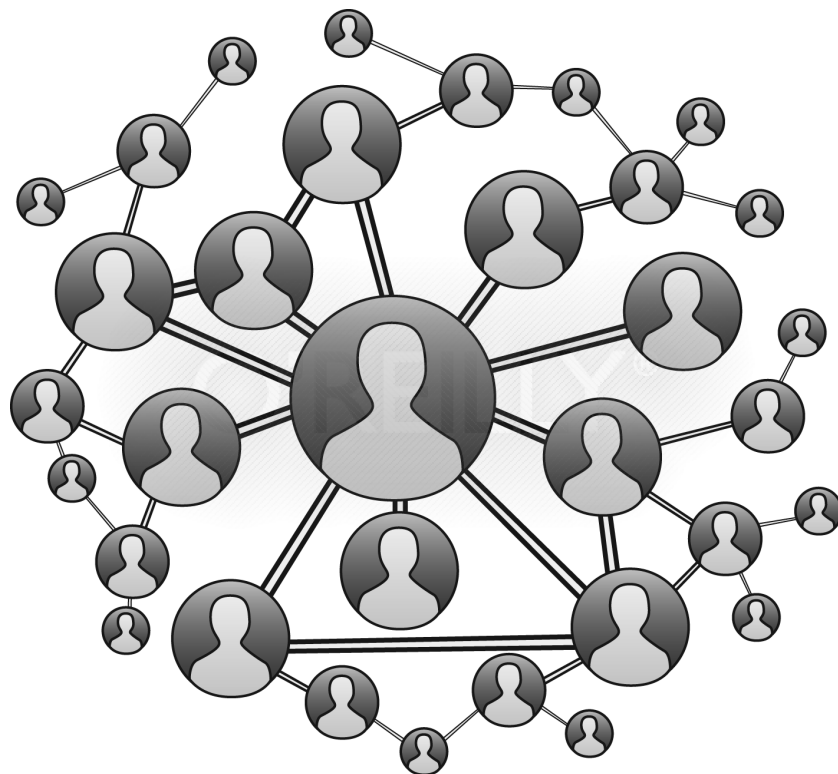


Figure 1:

## 1. Supervised learning

The idea of supervised learning is to study the features of positive and negative examples of named entity over a large collection of annotated documents and design rules that capture instances of a given type.

This method is the simplest, but it requires significant human resources and it is not very suitable for automatic system. In our system we use this method, but only when we need to make some corrections in our database (i.e. add non-common name).

## 2. Semi-supervised learning

It is relatively recent method. It also requires human interaction, but only at start. You need to provide starting data, like some common names. And then system will try to find similar names and add it to the database. When new names were found, system looks further for new names, but with bigger database, so it is able to find more new names. Function that extracts name parts is shown on Figure 2. It expects to have array of initial names (i.e. ["John", "Bill", "Mike", "Gates", "Queen"]) in input and text to extract names.

```
function extractNamesParts(text, startNames) {
  var words = text.split(' ');
  var newNames = [];

  for (var i = 0; i < words.length; i++) {
    if (startNames.indexOf(words[i]) === -1) {
      continue;
    }

    if (i > 0) {
      if (/^[A-Z]/.test(words[i-1])) {
        newNames.push(words[i-1]);
      }
    }

    if (i < words.length - 1) {
      if (/^[A-Z]/.test(words[i+1])) {
        newNames.push(words[i+1]);
      }
    }
  }

  return newNames;
}
```

Figure 2:

In addition to some lexical rules this method becomes quite powerful. For example, if phrase starts with Mr. then probably after goes name (Figure 3). Or if word ends on -ov, -ko then there is a possibility that this word is family name in some post-soviet countries. Figure 4 shows algorithm of extraction of such last names.

We use this method in our application and it gives satisfactory results. The good thing is that we already have lists of alumni from universities, so it is good starting point for this method.

### 3. Unsupervised learning

This method is based on clustering. It makes rules based on information gathered from clusters of information. These methods are deeply dependant on natural language analysis and forming of universal rules that are suitable in all situations.

---

#### Recognition and storage of personal information

---

Luckily, personal information is well-structured, so it can be easily recognized. Every person has such properties as name, age, birth date, live place, etc [Charu, 2011]. All these properties are well-described in open knowledge bases. We use FreeBase to get this information. We are using NodeJS as primary

```
var PREFIXES = [ 'Mr.', 'Mrs.', 'Ms.', 'Dr.' ];

function extractTitledNames(text) {
  var words = text.split(' ');
  var names = [];

  for (var i = 1; i < words.length; i++) {
    if (!/^[A-Z]/.test(words[i])) {
      continue;
    }

    if (PREFIXES.indexOf(words[i - 1])) {
      names.push(words[i]);
    } else if (i > 1 && names.indexOf(words[i - 1])
      && PREFIXES.indexOf(words[i - 2])) {
      names.push(words[i]);
    }
  }

  return words;
}
```

Figure 3:

```
var POSTFIXES = [ /ko$/, /ov$/, /ev$/ ];

function extractPostSovietLastNames(text) {
  var words = text.split(' ');

  return words.filter(function (word) {
    if (!/^[A-Z]/.test(word)) {
      return word;
    }

    for (var i = 0; i < POSTFIXES.length; i++) {
      if (POSTFIXES[i].test(word)) {
        return true;
      }
    }

    return false;
  });
}
```

Figure 4:

```
var freebase= require('freebase');
freebase.description('person', {})
```

Figure 5:

language in our system and it has freebase package that allows us easily query FreeBase (Figure 5). Non-recognized information is also saved to a database and it is reviewed by supervisor.

We expecting that property title would be close in text to property value. Currently our system recognizes such formats:

- Exact match

*Property name: Property value*

- Exact match with HTML tags

*<b>Property name:</b> <span>Property value</span>*

*<h4>Property name</h4> <p>Property value</p>*

- HTML tables

*<table> <tr> <td>Property name 1</td> <td>Property name 2</td> </tr> <tr> <td>Property value 1</td> <td>Property value 2</td> </tr> </table>*

Property name 1	Property value 1
Property name 2	Property value 2

Once information was recognized we store it at SQL database. SQL fits good for our purposes because data is well-structured. After data appeared in our database it becomes very simple to find any person. You need only to write SQL query.

---

## Conclusion

---

In this paper we researched models, methods and approaches that we are using in our social search engine. We researched which data we can extract from social networks and how we can use it. We also described methods and algorithms of named entity recognition and recognition of names in texts. We also described approach of recognition of personal information using knowledge bases.



---

## Bibliography

---

[Charu, 2011] Charu C. Aggarwal. 2011. Social Network Data Analytics (1st ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.

[Nadeau, 2007] Nadeau, D. Sekine, S. (2007). A survey of named entity recognition and classification. *Linguisticae Investigationes*, 30, 3–26.

[Russell, 2013] Russell, M. A. (2013). Mining the Social Web, 2nd Edition. O'Reilly Media.

---

## Authors' Information

---



**Oleksandr Kuzomin** - Prof. Dr., Department of Informatics, Office of Innovations & Marketing, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; tel.: +38(057)7021515;

e-mail: [oleksandr.kuzomin@gmail.com](mailto:oleksandr.kuzomin@gmail.com)

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Decision Making, Emergency Prevention, Data Mining, Business Informatics



**Mariia Tkachenko** - PhD degree student, Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv; Ukraine; e-mail: [mariia@tkachenko.io](mailto:mariia@tkachenko.io)

Major Fields of Scientific Research: General theoretical information research, Knowledge Discovery and Engineering, Data Mining, Business Informatics

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОБЛЕМЕ «ПОНИМАНИЯ ПОНИМАНИЯ» (ЧАСТЬ 2)

Анатолий Крисилов

**Аннотация:** В постановочном плане рассмотрены методологические вопросы описания/исследования понимания как процесса и как объекта: уровни, структура и механизмы понимания, роль ценностной ориентации, подходы к формализации процесса и к построению когнитивной модели.

**Ключевые слова:** понимание, его механизмы и этапы, когнитивная модель, ценностная ориентация.

**ACM Classification Keywords:** F.2 Analysis of Algorithms and Problem Complexity: 1.2.6 Understanding Problem – Formalisms and Methods. H. Information Systems – H.1 Models and Principles

Рост научного знания XX века быстро стирает грани между отдельными науками. Мы все больше специализируемся не по наукам, а по проблемам.

В. Вернадский

....Хотелось бы сформулировать ряд аргументов для понимания необходимости преодоления чувств смирения и бессилия. Современные науки, изучающие сложность мира, опровергают детерминизм: они настаивают на том, что природа созидательна на всех уровнях ее организации. Будущее не дано нам заранее. ...Мир есть конструкция, в построении которой мы все можем принимать участие.

И. Пригожин

XXI век будет веком гуманитарных наук или его не будет вообще. Мы должны понять себя, в противном случае мы не сможем дальше использовать результаты других наук. Но мы делаем все возможное и невозможное, чтобы себя не понимать.

Леви-Стросс

---

---

## Вводные замечания

---

Совершенно естественно, что понимаю, являющемуся одной из ключевых функций и особенностей мозга, посвящены многие тысячи исследований и печатных работ. Тем не менее, и на сегодня – «тайна сия велика есть». Как работает мозг? Как возникают ассоциативные связи? На чем основано быстрое («схватывание») или медленное понимание? Как возникают правильные или неправильные решения? Как формируются и понимаются смыслы? Какова роль интуиции? Является ли она альтернативой логике? Каковы механизмы понимания? На эти и подобные вопросы и сегодня еще нет стопроцентно удовлетворительных ответов.

В настоящей работе не ставится задача рассмотреть этот процесс или категорию с психологических, философских или физиологических позиций. В информатике, в кибернетических исследованиях, в многочисленных работах по искусственному интеллекту не раз обращались, с бóльшим или меньшим успехом, к моделированию различных функций мозга, включая и разные аспекты понимания. В каком-то смысле можно сказать, что усилия специалистов по моделированию на протяжении десятилетий были направлены на последовательную «деинтеллектуализацию» мыслительной деятельности, поскольку многие философы в середине XX века считали, что если можно «записать алгоритм», «зашить в машину» какое-то правило, то, стало-быть, в нем ничего творческого уже не остается. Разумеется, это не так. Формализация тех или иных функций, наделение компьютера определенными, скажем, аналитическими возможностями, - не подрывает, не уменьшает способности человека мыслить. Аналогия: лопата или молоток не привели к дисфункции руки человека.

Наоборот, забегая вперед, можно сказать, что одна из важных функций (и задач) компьютерных моделей в работах по искусственному интеллекту – это стать мощным инструментом для исследования интеллекта естественного. При этом, заметим в скобках, что это самым непосредственным образом связано с задачей, вынесенной в заголовок настоящей работы. В авторитетном толковом словаре Вебстера дано следующее определение: интеллект – это способность обучаться или достигать **понимания** благодаря опыту. (Отметим при этом, что понятие «понимание» здесь не раскрывается...)

В рамках работы KDS только за последние годы был освещен целый ряд аспектов, касающихся нашей проблемы [1 – 6]; можно назвать еще ряд работ, по-разному связанных с этой задачей [7 – 21, др.].

Поскольку понимание тесным образом связано с сознанием, мышлением, смыслами, – в настоящей работе определенное внимание будет уделено некоторым общим вопросам и принципам. Затем кратко будут рассмотрены уровни и механизмы понимания, роль диалоговых схем, структура и виды понимания. Эти вопросы будут рассмотрены под углом зрения возможной последующей формализации ряда аспектов понимания, с целью построения **когнитивной модели**. Пользуясь выражением Ф. Бэкона, можно сказать, что предпринимается начальная попытка проникнуть в «скрытый схематизм» понимания. Особым аспектом, тесно связанным с приведенным перечнем, является вопрос о творческой природе понимания.

Отметим, что обнадеживающими фактами в такой постановке является то, что уже целый ряд известных информационных моделей и программных продуктов, полученных недавно и за последние десятилетия, практически умеют оперировать понятиями, – это фреймы, некоторые решающие правила, инфос и др.

Что здесь имеется в виду, почему это важно? Напомним следующую классификацию Гегеля. Он выделяет три духовные формации в истории развития человечества, три формы мышления:

- – мышление в форме созерцания; это – искусство;
- – мышление в форме представлений; это – религия;
- – мышление в форме понятий; это – наука.

Именно научного подхода, в частности, подхода системологического мы постараемся придерживаться. Следует отметить здесь, что в русском языке «понятие» и «понимание» – однокоренные слова. В определенном смысле изложенное ниже можно понимать как некоторые ступени в «понимании понимания».

Настоящая работа является продолжением и некоторой детализацией материалов, доложенных на летней сессии ITNEA 2014 года в Варне «О проблеме понимания – методологический и когнитивный аспекты (часть 1 – первые 5 см)», и сообщения на осенней сессии KDS-14 в Киеве «Некоторые методологические вопросы изучения понимания как одной из базовых функций мозга».

---

В силу обстоятельств многие положения изложены здесь конспективно.

---

### 1. Уровни работы мозга и принципы мышления – по Канту.

---

В свое время И. Кант выделил три уровня, три ступени работы мозга в процессе понимания и мышления в целом. Эти ступени выглядят следующим образом:

Первая ступень – способность познания/установления общего в рассматриваемом процессе или предмете. Это – выявление или формулирование правил, это есть рассудочная деятельность.

Вторая ступень – это способность подведения особенного под общее. Это способность делать суждения.

Третья ступень – это способность определения особенного (частного?) через общее. Это выведение принципов, это уже прямая функция разума.

Рассматривая этот последний пункт применительно к самому мышлению, Кант формулирует три принципа мыслительной деятельности в целом и, разумеется, по отношению к пониманию. Это – три так называемые максимы Канта. Они представляют собой следующее:

- – иметь собственные суждения, то есть, мыслить самому. Это максима мышления, свободного от предрассудков, от пропаганды, навязывания и т. д. – не принимать все на веру.
- – мыслить себя на месте другого, то есть, моделировать мышление другого, в том числе – через понимание. Это чрезвычайно важное умение, мы имеем дело с максимой широкого мышления. Она имеет, в частности, очень важную научно-социальную компоненту – согласовывать свои суждения с совокупным человеческим разумом. Заметим, эта максима совершенно не исключает оригинального мышления.
- – всегда мыслить в согласии с собой; это максима последовательного образа мыслей. Мы по себе знаем, что это одна из наиболее трудных задач – последовательно мыслить всегда.

Реализация этих уровней и принципов представляется очень важной для понимания процесса понимания. Мало того, эти позиции, повидимому, чрезвычайно важно иметь в виду (то есть

пытаться их реализовать, хотя бы частично) при будущем возможном построении когнитивной модели.

---

## **2. Некоторые свойства и задачи когнитивной модели.**

---

Назовем некоторые более или менее очевидные свойства и желаемые характеристики такой модели.

- – Когнитивная модель должна явиться эффективным инструментом ликвидации разрыва между известным и познанным, ведь знать нечто еще не значит это понимать.
- – Модель должна помочь преодолению противоречий между объективным и субъективным.
- – Она должна сохранять основные характеристики физических (чувственных) моделей.
- – Очень важна в функционировании такой модели роль эвристик и моделей-гипотез.
- – Существенная характеристика – умение оперировать понятиями (об этом говорилось выше).
- – Аналогично – умение оперировать символами и понимать их смысл.
- – Очень важным будет иметь в такой модели «центры кристаллизации», некоторые каркасные (и гибкие!) структуры для реализации смыслообразования и так далее.

К числу задач когнитивной модели, можно отнести, в начальной редакции, следующие:

- – Моделирование, анализ, инструмент синтеза Сложных Систем;
- – Инструмент познания, исследования Естественного Интеллекта;
- – Инструмент обучения – в разных смыслах и сферах...

Наверняка можно назвать еще целый ряд важных содержательных и методологических задач. Укажем здесь на одну очень важную мета-задачу когнитивной модели, это – построение широкой валидной ноосферной парадигмы. Надо думать, эта задача давно назрела.

Прежде, чем говорить об этапах, возможных механизмах и разновидностях понимания, выскажем ряд некоторых общих положений, относящихся к пониманию

---

---

### 3. Некоторые общие соображения о «понимании понимания».

---

Приведем здесь (без ранжирования и конспективно) ряд положений, относящихся к нашему предмету. Эти соображения носят общий характер, некоторые из них вполне очевидны, но обходить их не следует.

А) Понимание представляет собой системный междисциплинарный объект (методологическое замеч.).

Б) Понимание – одна из базовых функций мозга (соображение о том, к чему относится и как важно).

В) Понятия «понимание» и «смысл» очень тесно связаны между собой, можно сказать, что в значительном числе случаев понимание – это выявление смыслов, системы связей, вписывание в определенный контекст и т. д. (онтологический подход).

Г) Целесообразно различать понимание в системе обыденного сознания, в научном познании, учебе и др.

Д) Понимание – это осмысливание не только языковых образований.

Е) «Знать» и «понимать» – это не одно и то же, (как и владение навыками). Однако определенный контекст позволяет порой говорить о них параллельно.

Ж) Чрезвычайно интересно исследовать понимание как динамику познания, как переход от Незнания к Знанию, и далее – к Пониманию имеющихся сведений о Мире.

З) Очень важно различать степени понимания, попытаться навести здесь какую-то метрологию.

И) Весьма продуктивным является рассмотрение понимания как деятельности (мыследеятельность).

К) Колоссальную значимость имеет (и для построения когнитивной модели, и, разумеется, для содержа-тельного рассмотрения самого понимания) исследование очень глубокой и еще недостаточно изученной проблемы – проблемы динамичного и нелинейного взаимодействия

---

---

между субъектом и объектом понимания, со скрытыми обратными связями (положительными, отрицательными), бифуркациями и т. д.

Надо думать, этот перечень в зависимости от задач исследования может быть ощутимо дополнен.

---

#### **4. О направленности и разновидностях понимания.**

---

Процесс понимания, осмысления (выявления смыслов в объекте или процессе) является, разумеется, весьма сложным, многомерным и многофакторным. Одной из иллюстраций этой сложности является давнее высказывание известного исследователя Дж. А. Миллера: «Нет психологического процесса более важного и в то же время более трудного для понимания, чем понимание, и нигде научная психология не разочаровывала в большей степени тех, кто обращался к ней за помощью».

Обращаясь к другой области – к системному/системологическому анализу, проведем самую общую, начальную декомпозицию понимания, учитывая характер, природу, содержание, направленность этого процесса. В этом ключе могут быть названы, очевидно, следующие типологические разновидности понимания: анализ и описание (ситуации, объекта, динамики...), классификация, оценка. Пока речь не идет об «инструментах» или «механизмах» понимания, а лишь о некоторой направленности.

В этом перечне классификация и оценка решают собственно когнитивные задачи. Описание, выявление смыслов и целостности, поиск аналогий и интерпретаций – это задачи, которые ближе к аналитическим. При этом следует иметь в виду, что между перечисленными процедурами далеко не всегда можно установить жесткие границы. То есть, скажем, для классификации и оценки нужен анализ, для описания потребуются оценки и классификация, – очень многое зависит от того, какие цели (сознательные или подсознательные) ставятся в процессе понимания. Отметим, что это отдельная серьезная область.

Разработке «описательных» функций понимания в некоторых разделах психологии и философии посвящено значительное количество работ, – это герменевтика, исследование закономерностей и правил интерпретации, использование при понимании, мышлении традиций, – *trado* значит «передаю».



---

## 5. Об этапах и механизмах понимания.

---

Представляется очевидным, что структура понимания является весьма сложной. Не претендуя на исчерпывающую полноту и справедливость предлагаемого краткого описания (наши представления поневоле гипотетичны и «антропоморфны», может быть, мы навязываем природе эти термины, функции и связи?), рассмотрим, тем не менее, некоторую последовательность процедур-операций как этапов действий, выполняемых в процессе понимания. Понятно, что некоторые этапы выполняются параллельно, некоторые линейно или нелинейно переходят друг в друга, существуют возвраты, обратные связи (положительные и отрицательные), рефлексия и т. д.

Исходным является начальное знание, вся гамма общекультурных представлений и профессиональных знаний, которая тем или иным способом и в определенном объеме мобилизуется при возникновении задачи понимания. На этой базе может быть составлено некоторое общее (внешнее?) описание нашего объекта или ситуации. Важным элементом такого описания явится выявление внешней доминанты или детерминанты, исходящей от охватывающей среды. Следующий шаг – описание структуры системы: выявление ее элементов, связей между ними, их основных свойств. На этой основе (и параллельно) следует рассмотреть основные закономерности и динамику системы, ее поведение во времени и в пространстве. Полученная информация будет использована для выявления основных причинно-следственных связей в системе, более того, для рассмотрения системы целей и требований. Эта процедура (выявление целей) должна иметься в виду на протяжении всего процесса. Теперь все это должно быть использовано для формирования (осмысления) целостного представления об объекте. Важным компонентом (для многих – главенствующим) является выявление эстетической стороны (стили, формы, уровни гармонии...) как в исследуемом объекте, так и в самом процессе понимания.

В отношении механизмов понимания (само понятие «механизма» является метафорическим) на начальном уровне могут быть названы вполне известные действия: проведение сравнений с известным (понятым ранее), поиск ассоциаций и аналогий, дедукция, интерполяция, другие подобные процедуры.

Очень интересным и продуктивным средством понимания и смыслообразования является метафора – как инструмент перенесения/расширения/столкновения смыслов, идей, представлений. Это отдельное полезное направление в исследовании и моделировании понимания. Укажем здесь лишь некоторые области «концептуальных структур» для применения эффективных корневых метафор: физическая область, область культуры, интеллектуальная область в широком смысле, управление, их совмещение.

---

#### **6. Использование ценностных установок в процессе понимания.**

---

Важным механизменным элементом в процессах понимания следует признать наличие ценностных установок, практически всегда присутствующих и, как правило, всегда осознаваемых при понимании. Эта область разрабатывалась различными авторами. Не вдаваясь глубоко в эту сферу, отметим лишь основные группы нормативно-ценностных систем социальной практики и, как следствие, некоторые специфические виды понимания, осмысления действительности, связанные с этими областями.

К таким группам могут быть отнесены: непосредственная практическая деятельность, научно-технические знания и умения, сфера управления, область идеологии, ряд других. В каждом конкретном случае исследования понимания или его моделирования необходимо опираться на специфику нормативно-ценностных категорий данной группы. Например, функциональная направленность понимания: для чего предназначена данная (рассматриваемая) культурная ценность, то есть выявление сфер деятельности, с которыми может быть соотнесен интересующий нас предмет. Или – выявление идеологических характеристик, или – структурная, конструктивная направленность: описание конструктивных свойств, динамических, родо-видовых отношений, подведение рассматриваемого под общий принцип, закон.

Опять-таки важная группа ценностных установок связана почти всегда с эстетическим отношением к действительности, со всеми тонкостями этого отношения, выявлением стилевых характеристик и т. д.

---

#### **7. Аристотель, Фома Аквинский и инфос.**

---

Чрезвычайно интересным в проблематике и имеющихся наработках в движении KDS представляется привлечение к рассматриваемым задачам некоторых представлений и суждений, содержащихся в работах Аристотеля и Фомы Аквинского, старавшегося приспособить

---

---

его, Аристотеля, положения к христианской теологии. Это старание было направлено, в частности, на то, чтобы несколько отойти от идеалистических представлений Блаженного Августина, отрицавшего ценность чувственного познания и утверждавшего априорность человеческого знания. Дескать, истина «живет» в человеке, и достаточно проникнуть в его внутренний мир, чтобы познать ее. Но вернемся к Аристотелю и Аквинату. Создается впечатление, что рассуждения обоих подводят к некоторому дополнительному пониманию понятия INFOS - как некоторого агента, действующего в процессе понимания.

Аристотель говорит, что источник наших знаний – чувственный опыт как результат воздействия материальных предметов на наши чувства. Чувственное познание – основа понятийного, абстрактного мышления, предметом которого является не нематериальная действительность или некоторые божественные следы, а высшие законы, управляющие единичным бытием. Для перевода одной (высшей) системы информации в другую, для перехода от этих высших законов к нашему понятийному мышлению – необходим объект-переводчик! Таким преобразователем информации и может быть «инфос».

Несколько иное объяснение, но с тем же выводом, мы находим у Фомы Аквинского: по нему, познание, понимание есть переход возможности, потенциальной способности – в акт, то есть понимание есть актуализация возможности. Но познаваемая вещь никогда не может быть познана исчерпывающе. Таким образом, познаваемый (здесь – = понимаемый) объект должен отждествляться с определенной стороной вещи, с формой объекта, говорит Аквинат. Для этого из единичной вещи в наши чувства должен попасть ее отпечаток – образ или изображение. Этим промежуточным объектом, очень важным в системах передачи и преобразования информации, и является наш «инфос».

Может показаться, что эти соображения далеки от практики, что в них многовато абстрактного. Представляется важным отметить здесь, что это глубокое заблуждение.

Английская исследовательница, автор книги «О мыслительной деятельности детей» Маргарет Доналдсон говорит: «Именно интеллектуальная работа имеет самое непосредственное отношение к реальной практической жизни. Чтобы разбираться **в реальном мире с максимальной компетенцией** (здесь и далее – наше выделение, А.К.), необходимо учитывать **структуру вещей**, необходимо **овладеть умениями работать с системами** и для понимания научиться **абстрагировать формы и схемы**» (то есть, проводить глубинный системный анализ и процедуры понимания, научиться выходить на мета-уровень, А.К.). Парадокс в том-то и

---

---

состоит, говорит М. Доналдсон, что «наиболее значимые успехи в **практической** деятельности (в технике, в экономике) были бы невозможны, если бы мы стали **игнорировать трудную задачу – действовать без опоры на мир знакомых явлений**». И далее: «Вот истина, которую **человек как биологический вид только начинает постигать**. Если бы нам когда-нибудь пришлось отказаться от этой деятельности, то плата была бы слишком велика» [18]. У В. Ленина: «Нет более практичной вещи, чем хорошая теория».

В нашем случае возникает такое ощущение, что исследование проблемы «инфоса» с применением приведенных выше соображений является достаточно плодотворным и перспективным, в том числе, и с практической точки зрения.

---

## **8. О дуальном (многомерном) характере понимания.**

---

Очень важной характеристикой понимания является то, что можно условно назвать его двойственной природой. (Вообще говоря, здесь следовало бы сразу рассматривать его, понимания, многомерный, полилогический характер. Но в первой редакции, при осторожном нащупывании возможных путей моделирования, – начнем с более простого описания, с рассмотрения дуального характера понимания.) Сразу укажем, что сама эта двойственность в работе мозга существует в весьма различных аспектах, при этом каждый из них заслуживает внимания при решении исследовательских задач и при моделировании. Здесь остановимся на некоторых парах.

Первая из них рассматривает вопрос временной дискретизации при работе мозга: только ли дискретными являются элементарные шаги мозга при любых видах работы. Относительно недавно этот вопрос даже не ставился. С развитием нейрофизиологии, обнаружением «категорической» работы нейронов (либо «включено», либо «выключено») – возникло естественное представление о том, что вся работа мозга строится дискретно, аналоговый характер ее не может иметь места. Почти сразу же стало понятно, что это не так. Относительно медленно меняющиеся фоновые характеристики, изменение порогов возбуждения, усталость, эйфория, различный гистерезис при торможении и многое другое обеспечивают смешанный, гибридный характер работы мозга. Выявление этих особенностей является весьма важным при последующем моделировании.

Как работают рациональные и иррациональные механизмы понимания? Как и когда они дополняют друг друга? Как сотрудничают оперативная память и долговременная? Что

заставляет всплывать давно забытое? Как и почему срабатывает интуиция? Является ли она прямой альтернативой логике или это ее родная сестра? Как соотносятся в динамике априорное и апостериорное знание? Когда и по какой команде включается образное мышление? И насколько полно сейчас можно говорить о постоянном (или временном?) диалоге между полушариями? Каковы детали и механизмы этого обмена? Чем больше будет таких вопросов, тем полнее, надо думать, мы сможем описать и затем моделировать интересующий нас объект. Как взаимодействуют известное и неизвестное? – а ведь они взаимодействуют... Мы видим, что здесь пока гораздо больше вопросов, чем ответов.

Пожалуй, следует указать, что эти разные «диалогические» составляющие понимания представляют собой богатый и плодотворный материал для исследования понимания и попыток его моделирования.

### 9. Попытка формализации процесса понимания.

Попробуем представить процесс понимания в формальном виде – в первом приближении. Будем рассматривать понимание как условно последовательный процесс, оставляя пока в стороне такую его форму как «схватывание», озарение, известное «Aha-Ehrlebnis», с его сильными положительными эмоциональными следствиями. Итак, обозначим через  $m_i(t)$  некий элементарный уровень понимания, достигнутый на  $i$ -том шаге в процессе решения некоторой задачи (на объекте  $j$ ) как результат определенных логических усилий:

$$m_i(t) = \int_{r_j}^t \int_{a_j(t)} \{ \alpha_{ij}(\tau, t), y_{ij}(\tau), m_j(\tau) \} d\tau, \quad i = 1, \dots, r \quad (1)$$

Здесь:  $m_j(\tau)$  – уровень (объем) прежних знаний и представлений, культурный/научный ресурс;

$y_{ij}(\tau)$  – объем внимания, цели и ценностные установки;

$\alpha_{ij}(\tau, t)$  – параметры процесса понимания (глубина поиска аналогий, долговременная память, мобильность оперативного мышления, привлекаемые инструменты, др.);

$a_j(t)$  – психологические, социальные и другие факторы, которые мы можем извлечь из исследования (опроса) и которые определенным образом в совокупности отражают

(задают, определяют, ..) направленность и результат «логической» работы на данном шаге с данным объектом.

Аналогично запишем через  $c_s(t)$  уровень (результат) понимания как итог образного мышления на  $S$  – том шаге на том же  $j$ -том объекте:

$$c_s(t) = \int_j \int_{aj(t)} \{\beta_{sj}(T, t), z_{sj}(T), p_j(T)\} dr, \quad s = 1, \dots, r \quad (2).$$

В этом выражении, аналогично предыдущему,  $p_j(T)$  – прежний опыт образного мышления и системы представлений;  $z_{sj}(T)$  – объем внимания, ценностные и эстетические установки, владение мета-форическим мышлением, др.;  $\beta_{sj}(T, t)$  – параметры (признаки, свойства) процесса формирования и отбора образов с целью понять данный объект (объемное и цветное мышление, свободная или приземленная фантазия, широкий или суженный горизонт, владение синонимией и омонимией, снова объем культуры и т. д.)

Наконец следует определенным образом выразить взаимодействие, «диалоговое» поведение обеих операций, т. е. логического и образного мышления. Запишем это в сходной форме:

$$A_{mc} = \int_j \int_{aj(t)} \{m_i(t), c_s(t)\}, \quad i, s = 0, 1, \dots, r \quad (3)$$

Разумеется, совершенно ясно, что здесь возникает тьма вопросов. Как взаимодействуют подынтегральные компоненты во всех трех выражениях? Как фиксировать мотивации и ценностные установки? Как расценивать аналогии и ассоциации? Какими могут быть пределы интегрирования? Каковы пороги и индикаторы логического и образного «срабатывания»? Какие можно назвать типологии индикаторов понимания? И еще очень много иного. Однако здесь предложена пока идея начальных шагов в построении когнитологической модели, описательной и динамической модели некоторых основных черт и компонентов понимания, конкретная задача очень многое прояснит. Кроме того, в ряде работ по KDS за последние годы можно найти немало ответов и подходов к намеченным вопросам – мера соотнесенности В. С. Донченко, идеи об отражении Г. С. Воронкова, понятие инфоса К. Маркова и еще целый ряд других публикаций. Такого рода моделирование не представляется простым, однако относительно внятную и обозримую модель уже можно пытаться строить.

---

## 10. О пространстве понимания

---

Желая более полно понять, более емко представить понятие «понимание», целесообразно выразить это представление пространственно, то есть ввести понятие «пространство понимания». Тогда окажется более естественным привлекать и оперировать с такими понятиями, как траектория понимания, расстояние между вершинами графа, уровень понимания и др. Видимо, целесообразно ввести понятия «структурное расстояние», «расстояние сходства», «степень соответствия/соотнесенности», оценивающее *степень развитости структуры понимания*, аналогично – для функций и т. д.

Такое представление будет продуктивным, например, потому, что в нем окажется возможным определять «точку сборки», выяснять отношения системы со средой, то есть отслеживать динамику границ и глубины понимания данного объекта (при проведении первичной структуризации). Далее, можно говорить о *качестве* связей. В свое время Б. Фуллер ввел для специальных конструкций новое понятие *tensegrity*, от слов *tense* и *integrity* – «напряженное единство». Аналогично, можно говорить о тенсегритных связях, таких, которые в нашем пространстве образуют целостные структуры, переводя «упругость» в «жесткость», характеризуют объем и «стабильность», уверенность понимания.

Здесь речь идет о пространстве понимания как об определенной, достаточно общей системной категории, как в математике говорят о пространстве чисел, как в теории распознавания образов – о пространстве признаков, описывающих классы, как в управлении – о пространстве возможных решений. В работах замечательного математика М. Г. Крейна можно назвать, по крайней мере, два конструктивных направления, которые представляются содержательно подходящими и продуктивными в наших задачах. Этот инструментарий – теория эластичности и теория операторов для пространств с индефинитной метрикой. Список этот, разумеется, может быть продолжен: графы с приложениями, теория матроидов, методы фрактального анализа, теория размытых множеств, сплайны, алгебра конфликтов и т. д., и т. п.

Выше шла речь о формировании пространства, в котором окажется возможным строить когнитивную модель. По поводу этого пространства и вообще в контексте обсуждаемых проблем и задач следует также сформулировать ряд вопросов, ответ на которые (т. е. построение модели), улучшая наше понимание понимания, мог бы быть увиден (или *построен*) в этом пространстве. Например, понять, чем в системе (т. е. на системном языке) задаются пороги, критерии?

На Украине в 70-е годы в Институте кибернетики для описания сложных социально-экономических систем (например, экономических систем с расширенным воспроизводством) успешно были применены интегральные уравнения с ядром Фредгольма, в которых различные составляющие более или менее адекватно описывали различные доли (и назначение!) внутреннего продукта системы.

---

## **6. Вместо заключения**

Приведенные в предыдущих параграфах соображения и вопросы могут рассматриваться как элементы некоторой исследовательской программы при изучении процесса понимания как такового и его моделировании.

Очевидно, что создание новой социально-экономической ситуации, развитие новой экономики, связаны с тем, что общество научилось использовать то самое качество человека, которым он отличается от всех остальных существ на Земле, – *понимание и умение оперировать символами* [14]. Эта мощная компонента социально-экономического потенциала общества с некоторыми пор стала в массовом порядке актуализироваться. Результатом и явилось то, что дополнительная стоимость в деятельности социума начала возникать в процессе генерирования и «промышленного» использования *знаний*.

Где происходит диалектическое «снятие» этой сложности? Понятно, что легкой жизни на этом пути не будет. Надо думать, что ответы могут быть найдены при грамотном, эффективном совмещении методологической и онтологической компонент исследования, как результат последовательной содержательной постановки целей, – в построении сложных моделей очень важна пошаговая работа, ревизия результатов, их осмысленное сопоставление с целями и практикой.

---

## **Благодарности**

Настоящая работа была выполнена при поддержке интернационального проекта **ITHEA XXI Института информационных теорий и их приложений FOI ITHEA** ( [www.ithea.org](http://www.ithea.org) , [www.foibg.com](http://www.foibg.com) ), в связи с чем автор выражает свою искреннюю благодарность.



---

The paper is published with partial support by the project ITHEA XXI of the ITHEA ISS ([www.ithea.org](http://www.ithea.org)) and the ADUIS ([www.aduis.com.ua](http://www.aduis.com.ua)).

---

### Литература

---

1. Г. С. Воронков. А) Обязательно ли ощущения являются изоморфными «образами» мира: анализ с нейрофизиологических позиций некоторых аспектов теории отражения. Artificial Intelligence and Decision Making. Intern. Book Series "Information Science & Computing", N.7, vol. 2/2008, – ITHEA, Sofia, 2008. Б) Понятия «модель» и «соответствие»: нейрофизиологический и общий аспекты. Труды IV Российского философского конгресса «Философия и будущее цивилизации», т.1. – М.: Изд. МГУ, 2005, и др.
2. G.S. Voronkov, Z.L. Rabinovich. Cognitive Model of Memory & Think. IJ ITA, 2000, v. 7, # 4, FOI-Comm., Sofia, 2000
3. Kr. Markov, Kr. Ivanova, I. Mitov. Basic Structure of the General Information Theory. IJ ITA, vol. 14, No 1. – ITHEA, Sofia, 2006.
4. И. И. Горбань. Гиперслучайные явления: определения и описание. Proc. XIII Intern. Conference "Knowledge – Dialogue – Solution", vol. # 1, June 18 – 24, 2007, Varna (Bulgaria). – ITHEA, Sofia, 2007.
5. В. Любченко, А. Ярмула. «Отношения ассоциации для анализа предметных областей учебных курсов». Artif. Intel. and Dec. Mak., Intern. Book Series "Inform. Science & Computing", N.7, vol. 2/2008, – ITHEA, Sofia, 2008.
6. А. Д. Крисиллов. Модельное описание процессов развития: механизмы, система целей, индикаторы. Proc. XIV Intern. Conf. "Knowledge – Dialogue – Solution", vol. # 1, June 21 – 26, 2008, Varna (Bulgaria). – ITHEA, Sofia, 2008.
7. Е. А. Соловьева. Естественная классификация. – Харьков, ХНУРЭ, 2003 и др.
8. В. А. Крисиллов, С. М. Побережник, Р. А. Тарасенко. Сравнительный анализ моделей представления знаний в интеллектуальных системах. Труды Одесского политехн. ун-та, 1988, вып. 1. – Одесса: Изд. ОПУ, 1988.
9. А. Крисиллов, В. Крисиллов. Формирование целеориентированной векторной модели для построения агрегированных оценок сложных объектов. // Моногр. «Методы решения экологических проблем». Под ред. проф. Л. Мельника. – Сумы: «Козацький вал», 2005
10. А. Д. Крисиллов. Два коренных вопроса о живом. Послесловие редактора. В кн. А. Н. Барбараш. Волновые процессы в живом: основы стереогенетики и физиологии мышления. – Одесса, «Ом – Полис», 1998.
11. Г. П. Мельников. Системология и языковые аспекты кибернетики. – М.: «Сов радио», 1978.
12. В. В. Налимов. На грани III тысячелетия: что осмыслили мы, приближаясь к XXI веку. – М., «Лабиринт», 1994.

13. Н. М. Амосов. Разум, человек, общество, будущее. – К., «Байда», 1994.
14. М. Кастельс. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. – М., ГУ ВШЭ, 2000.
15. Н. Н. Моисеев. Экология человека глазами математика. – М., «Молодая гвардия», 1988.
16. В. П. Казначеев, Е. А. Спирин. Космопланетарный феномен человека. – Новосибирск: „Наука”, 1991.
17. Ю. А. Шрейдер. Равенство, сходство, порядок. . – М.: «Наука», 1978.
18. М. Доналдсон. О мыслительной деятельности детей. – М.: «Мысль», 1990.
19. М. Ф. Бондаренко, Е. А. Соловьева, С. И. Маторин. Основы системологии. – Харьков, ХТУРЭ, 1998.
20. А. И. Уемов. Системные аспекты философского знания. – Одесса: «Негоциант», 2000.
21. Ю. Капитонова, А. Летичевский. Парадигмы и идеи академика В. М. Глушкова. – К.: «Наукова думка», 2003.

---

#### Информация об авторе

---



**Анатолий Крисилов** – Госпредприятие «УкрНИПЧИ им. И. Мечникова», ст. научн. сотр., к. т. н., доц., ул. Церковная, 2/4, Одесса-3, 65003, Украина; тел. (0482)-632-598; моб. (+38097)-291-33-24; E – m: [adkrissilov@list.ru](mailto:adkrissilov@list.ru)

### Some Methodological Approaches to the Problem of "Understanding the Understanding"

(Part 2)

Anatoly Krissilov

**Summary:** *Certain methodological questions of description and research such a complex object (and process!) as “comprehension/understanding” are described: the levels, structure, mechanisms of comprehension, the role of orientation appreciated, some approaches to the process formalization and to the cognitive model construction.*

---

---

## ОТ РЕАЛЬНОГО МИРА К ОБЪЕКТАМ ИНФОРМАТИКИ И МАТЕМАТИКИ

**Анатолий Мержвинский**

**Аннотация:** Акцентируется внимание на способности физических объектов к эмиссии некоторого материального субстрата (фотонов, электронов и др.), обеспечивающего формирование реальных отражений объектов внешнего мира не только в памяти компьютера, но и в окружающей среде, во всех элементах электронных или оптических частей машин. Предложена концепция элементарных материальных носителей отражений - статических и динамических икселей. Исходные состояния икселей образов-изображений физических объектов-прототипов рассматриваются как информационная субстанция - основа последующего формирования иерархии информационных объектов. Рассмотрены две парадигмы математики, отличающиеся источником порождения и сущностями математических объектов: ментальная парадигма, исходные понятия, аксиомы, концепции которой предложены математиками и согласованы со структурой сознания человека, и машинная парадигма, исходные понятия, концепции, методы введены разработчиками средств информатики исходя из выбранных механизмов формирования и технологии обработки информационных объектов.

**Ключевые слова:** объект, отражение, иксель, информационная субстанция, машинная математика

**ASM Classification Keywords:** Теория информации, Философия и методология информатики

---

### Введение

Несмотря на огромный прогресс в области вычислительных машин и информационных технологий (ИТ), существуют теоретические пробелы, которые требуют своего разрешения. Недостаточно различаются науки информатика и кибернетика. Не установилось определение предмета информатики. В некоторых учебниках предметом информатики объявлены не информационные технологии, а аппаратное и программное обеспечение средств вычислительной техники (ВТ), а также средства их взаимодействия между собой и человеком [Липенков, 2008]. Однако в современных средствах информатики наряду с цифровыми компьютерами существенной составляющей аппаратуры является аналоговая часть

измерительных приборов, радио- и звуколокаторов, датчиков физических величин и др. Это свидетельствует о том, что единая концепция теории информации, охватывающая также проектирование и использование ВТ, радио- телевидения, радио- и гидролокации, средств управления и диагностики технологических процессов на основе компьютеров не принята.

Используемое в ИТ понятие информационный объект (ИО) очень широкое. Тем не менее, имеющиеся определения ИО, как и более 20 определений понятия „информация”, привязываются авторами обычно к текущим либо заключительным стадиям жизненного цикла ИО и не учитываются особенности начальных стадий его формирования [Вышинский, 2013].

Понятия Информационные машины, Информационно-вычислительные машины практически не используются в технической литературе. Продолжает использоваться устаревший термин ЭВМ. Средства взаимодействия с внешними объектами совместно с компьютерной частью могут быть определены как информационные машины (ИМ) [Мержвинский, 2013]. Суть формирования и реализации информационных объектов в ИМ состоит во взаимодействиях ИМ с материальными объектами (МО) с помощью носителей взаимодействий. Существующая привязка базовых понятий теории ВТ к схмотехническим элементам нижнего уровня (И, ИЛИ, НЕ, АЦП и интерфейсам элементам) позволяет развивать теорию структур ЭВМ и других дискретных устройств, но не достаточна для описания взаимодействия всех средств информатики и МО. Привязка базовых понятий теории информатики и кибернетики преимущественно к деятельности субъекта, к верхнему уровню иерархии знаний и удаленность языка общения ИМ от физического уровня взаимодействий объектов упрощает подготовку пользователей, но осложняет идентификацию сути ИМ и кибернетических систем, процесс интеграции их теории, анализ взаимосвязей объектов и методов информатики и математики. Несмотря на известность определения „Информация – отражение реального мира” [Дмитриев, 1989; Куликовский, 1997], пригодного как для объективного, так и субъективного подходов, сегодня преобладает мнение, что фундаментальное определение понятия информация отсутствует. Представляется некорректным и сведение информатики к компьютерной науке (англоязычный вариант этого термина - „Computer science” [Информатика, 2015]).

Многозначны понятия сигнал, носитель и переносчик. Понятие сигнал трактуется как носитель сигнала, однако используется и выражение „несущая есть, а сигнала нет”. Переносчик сигнала (в виде колебаний электрического тока, радио- или световой волны) обычно именуется носителем. Однако термин носитель может относиться и к элементу машинной памяти и к рекламному листку бумаги. Неоднозначность понятий размывает смысл текстов. В связи с этим представляется целесообразным глубже подойти к определению этих понятий. Обратимся к

---

первой таблице периодической системы элементов таблице Менделеева, опубликованной в 1906 г. [Родионов, 2001]. В ней таблица начинается с нулевой группы и нулевого ряда. В этой таблице присутствует нулевой ряд и нулевой столбец, в которых приводятся элементы X и Y - как элементы тонкой субстанции, в противовес элементам грубой материальной субстанции в виде атомов в других ячейках таблицы. Элемент X, названный, ньютоний, представлялся как все образующая сущность, способная предавать энергию на расстояние, и не способная к химическим взаимодействиям, т.е. не являлся химическим элементом. Существуют различные дополнения нулевого ряда как описания сущности отвергнутого мирового эфира. Гипотеза о существовании элемента Y (названного коронием), равно как и других элементов легче водорода, считается потерявшей актуальность уже после работ Резерфорда, Мозли и Бора [Родионов, 2001]. Тем не менее, в век становления информационной ипостаси мира, дополняющей материальную ипостась, стало очевидным, что такие носители электромагнитных взаимодействий как электроны и фотоны не только обеспечивают физические взаимодействия, но и являются фундаментальными участниками информационных процессов. Сформированные из них потоки характеризуются не только энергией, как обобщенной характеристикой материальной сущности, но и структурой, которая отражает структурные свойства материи [Марков, 2014]. Учитывая важную роль электронов и фотонов в изменениях и материальной и информационной реальности, они заслуживают специального рассмотрения на предмет дополнения ими таблицы Менделеева Д. И. (Таблица 1) как носителями взаимодействий в виде электромагнитных, гравитационных и других полей.

Каждый из этапов исторического развития человека характеризуется своими запросами на решение все усложняющиеся задач усложняющихся картин микро-, макро - и мегамира методами математики. Анализ методов познания и эволюции математики позволил выделить такие исторические типы математики: прематематика, создававшаяся для практических задач различных цивилизаций; греческая, созданная исходя из интеллектуальных потребностей; европейская, позволившая на основе математических формул связать между собой теоретическую физику с экспериментальной; мировая, созданная для исследования сложных систем [Левич, 2009; Турчин, 2000]. Появление компьютеров и совершенствование информационных технологий привело к разработке огромного числа математических методов научного описания соответствующих предметных областей (ПДО) сегодняшней картины мира [Зверев, 2007]. Возник непростой вопрос о сущностях математических объектов (ММО) и их связях с объектами реального мира. Для отражения взаимосвязи объектов материального мира и математики использованы понятия „наблюдаемый интеллектуальный объект”, „именованные к - и с - числа”, „n-формы”, „регулярности, полученные на основе фактов” [Левич, 2009]. Все же связи с реальным миром формализованы не были, работа не завершилась построением здания

мировой математики, да и задача такая не ставилась. Известное определение оснований математики как „совокупности понятий, концепций и методов [БСЭ, 1977], с помощью которых строятся различные математические дисциплины, а также комплекс математических и философских теорий и направлений, посвященных исследованию этих оснований, допускают огромное число комбинаций.

**Таблица 1.** Подлинная, не редактированная таблица Д. И. Менделеева „Периодическая система элементов по группам и рядам” (Д. И. Менделеев. Основы химии. VIII издание, СПб., 1906 г.)

Ря- ды	г р у п п ы э л е м е н т о в										
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
0	Ньюто- ний										
1	Короний	Водород H 1,008									
2	Гелий He 4,0	Литий Li 7,03	Бериллий Be 9,1	Бор B 11,0	Углерод C 12,0	Азот N 14,01	Кислород O 16,00	Фтор F 19,0			
3	Неон Ne 19,9	Натрий Na 23,05	Магний Mg 24,36	Алюминий Al 27,1	Кремний Si 28,2	Фосфор P 31,0	Сера S 32,06	Хлор Cl 35,45			
4	Аргон Ar 38	Калий K 39,15	Кальций Ca 40,1	Скандий Sc 44,1	Титан Ti 48,1	Ванадий V 51,2	Хром Cr 52,1	Марганец Mn 55,1	Железо Fe 55,9	Кобальт Co 59	Никель Ni 59
5		Медь Cu 63,6	Цинк Zn 65,4	Галлий Ga 70,0	Германий Ge 72,5	Мышьяк As 75	Селен Se 79,2	Бром Br 79,95			
6	Криптон Kr 81,8	Рубидий Rb 85,5	Стронций Sr 87,6	Иттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,6	Ниобий Nb 94,0	Молибден Mo 96,0		Рутений Ru 101,7	Родий Rh 103,0	Палладий Pd 106,5
7		Серебро Ag 107,93	Кадмий Cd 112,4	Индий In 115,0	Олово Sn 119,0	Сурьма Sb 120,2	Теллур Te 127	Иод I 127			
8	Ксенон Xe 128	Цезий Cs 132,9	Барий Ba 137,4	Лантан La 138,9	Церий Ce 140,2						
9											
10				Иттербий Yb 173		Тантал Ta 183	Вольфрам W 184		Осмий Os 191	Иридий Ir 193	Платина Pt 194,8
11											
12			Радий Ra 225		Торий Th 232,5		Уран U 238,5				

---

Это число множится вариантами смыслов, входящих в определение терминов. Определения видов математики оказываются нестрогими; возникают огромное количество разделов математики и вопрос: существует одна или несколько математик? Герман Вейль пессимистически оценил возможность дать общепринятое определение предмета математики [Бурбаки, 1950]. С появлением новых средств формализации и интерпретации, новых информационных и математических технологий возникает естественная потребность изменить основания математики, ввести разные базисы в зависимости от целей и возможностей реализации абстракций и обобщений, объективированного управления ими в разных языковых средах и парадигмах [Зверев, 2004]. При этом должен быть учтен факт усложнения как самих ПдО, так и методов представления знаний в системах обработки знаний. В предлагаемой работе введено абстрактное понятие информационный объект (ИО) в смысле [Мержвинский, 2013] и проводится анализ связей и динамики МО, ИО и ММО. Так как характер взаимодействий существенно зависит от масштаба объектов ( $\mu$  - микромир,  $m$ - макромир,  $M$ - мегамир), то рассмотрение здесь ограничено процессами, происходящими в макромире.

---

## 1. Материальные объекты и физические принципы формирования отражений

---

### Свойства материальных объектов

*Мысленный образ макромира.* Органы чувств человека, дополненные различными инструментами познания, позволяют его сознанию представить реальный мир как совокупности взаимодействующих в пространстве и времени объектов. Статика и динамика этих объектов – важнейшие категории бытия. Статический объект характеризуется свойством, сущностью и состоянием [Андон, 1999]. *Динамические* объекты характеризуются такими понятиями как действие, процесс и явление. *Важнейшие свойства* одиночных МО:

- *Свойство генерации* – способность создавать поля и волны различной природы (электрические, магнитные, акустические и др. поля) или генерировать потоки материальных частиц;
- *Свойство рассеяния* – способность объектов рассеивать волны и материальные потоки, в частности, преломлять и отражать их;
- *Свойство преломления* – способность изменять направление движения волн или потока частиц;
- *Свойство отражения* – способность отражать волны и материальные потоки, в результате чего изменяется направление их распространения;

- *Свойство поглощения* – способность объектов частично или полностью поглощать волны и материальные потоки. Например, при поглощении электромагнитных волн их энергия превращается либо в тепловую энергию, либо в энергию носителей электрических зарядов; при этом также могут развиваться сложные процессы атомного либо химического взаимодействия, изменяющие структуру МО, например, засвечивание чувствительной к облучению пленки (изменения состояния объекта).

В макромире возможны следующие практические способы выделения и *познания* сути (строения и свойств) отдельных материальных объектов сенсорами инструментальных систем:

А) *Непосредственным воздействием* некоторых тел (твердых, жидких или газообразных) на исследуемый образец путем их соприкосновения или столкновения с другими объектами, наблюдением результатов и изучением закономерностей взаимодействия.

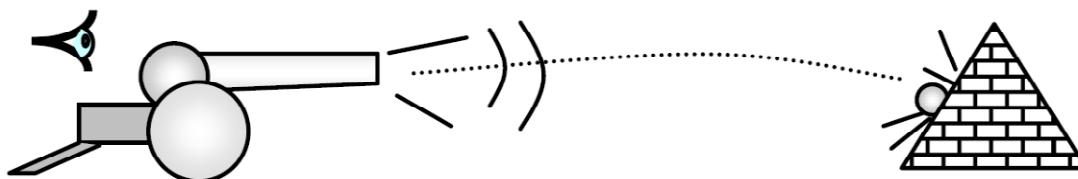


Рис. 1. Исследование объектов путем их бомбардировки.

Б) *Анализом потоков частиц*, создаваемых исследуемым объектом, и взаимодействия объекта с потоками частиц. Например, измерение количества поступившей жидкости, измерение с помощью избирательных сенсоров наличия и количественного состава некоторых образцов газов.

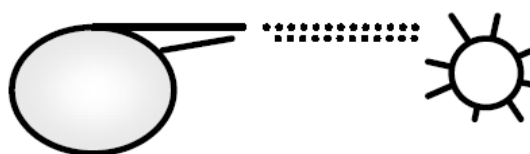
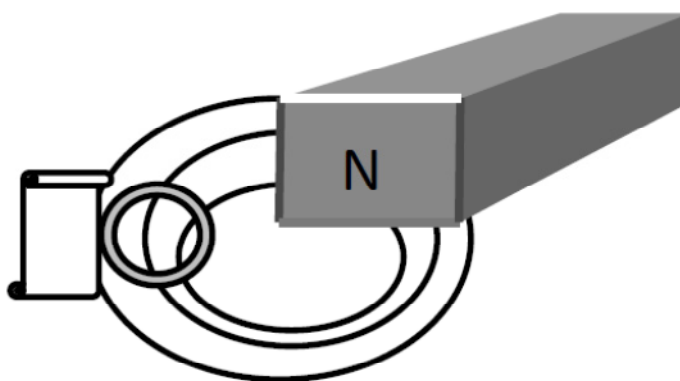


Рис. 2. Анализ потока частиц испускаемых объектом



При воздействии возможны, модификация вещества в нанослоях, измерение количества вторичных частиц, их спектра, энергий, масс и пространственных распределений.

В) *Анализом полей*, создаваемых исследуемым объектом в свободном пространстве, и взаимодействия исследуемого объекта с полями, создаваемыми другими объектами.



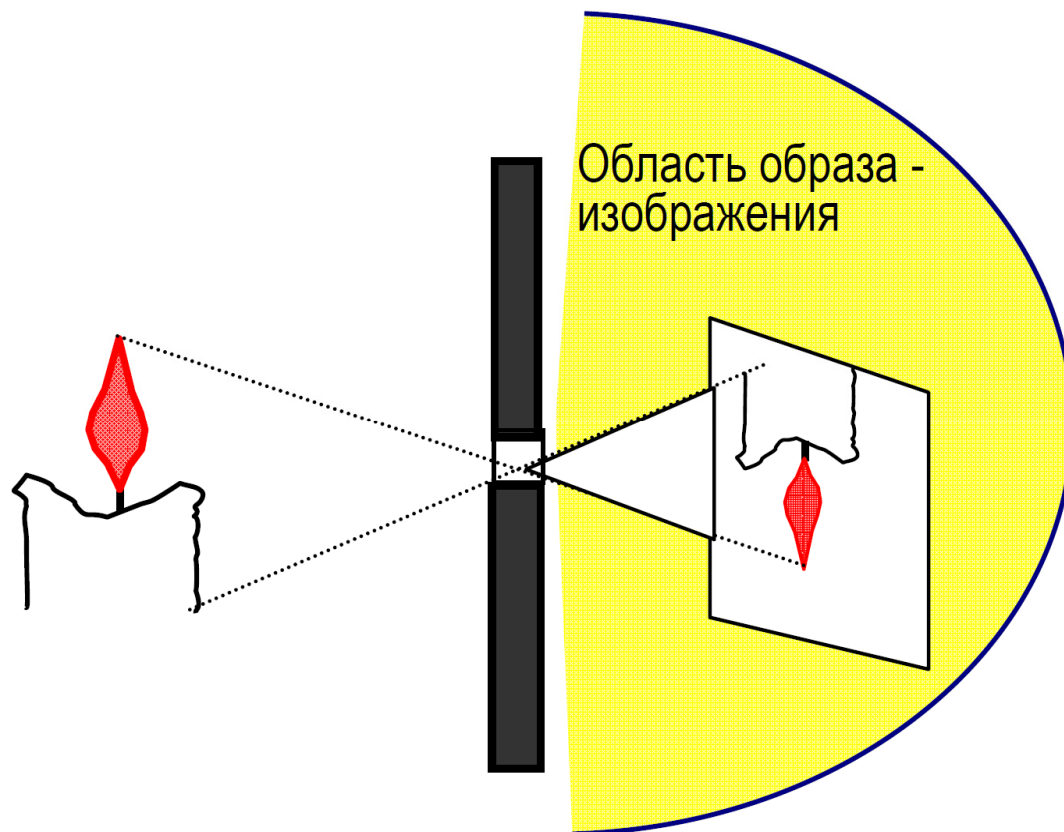
**Рис. 3.** Анализ полей вокруг объекта

Ниже вместо термина „переносчик воздействия” в смысле, показанном на рис. 1, 2 и 3, предлагается использовать термин: *коммуникат* - вещественный, энергетический или полевой потоки, способные осуществлять воздействие на *реципиента* элементами структуры потока [Мержвинский, 2012].

Определение 1. **Коммуникат** - это поток любой природы (энергетический, материальный, информационный), происхождения (полезный, паразитный) или назначения (тестирующий, технологический), суть которого определяется способностями переносить отражения и *воздействовать* на объект.

*Формирование отражений в неживых объектах.* Материальный объект может рассматриваться в ипостаси физического носителя *отражения* (философская категория), как результата процесса "отображения", означающего в этом случае воспроизведение признаков, свойств и отношений некоторой материальной неоднородности (*объекта-прототипа*) в совокупность элементов

другой материальной неоднородности (объекта-отражения). Примеры физического процесса "отражения" в природе - формирование тени дерева, воспроизведение изображения освещенного объекта на белой поверхности непрозрачной перегородкой с узким отверстием (рис.4).



**Рис. 4.** Эмиссия коммуниката и формирование изображения объекта отверстием в непрозрачной перегородке

При расстоянии от свечи до перегородки много большего диаметра отверстия число пикселей сформированного изображения определяется отношением размеров сторон экрана к диаметру отверстия. Яркость пикселя определяется яркостью соответствующего элемента отображаемого объекта и может рассматриваться как индуцированное состояние пикселя в отличие от случая, когда его состояние удерживается после прекращения воздействия.

В искусственных устройствах в отверстии перегородки устанавливается линза (объектив). Тогда в каждую точку изображения попадают лучи расположенные не только на прямой, соединяющий рассматриваемые элементы прототипа и изображения, но и все лучи, попадающие на линзу (рис. 5).

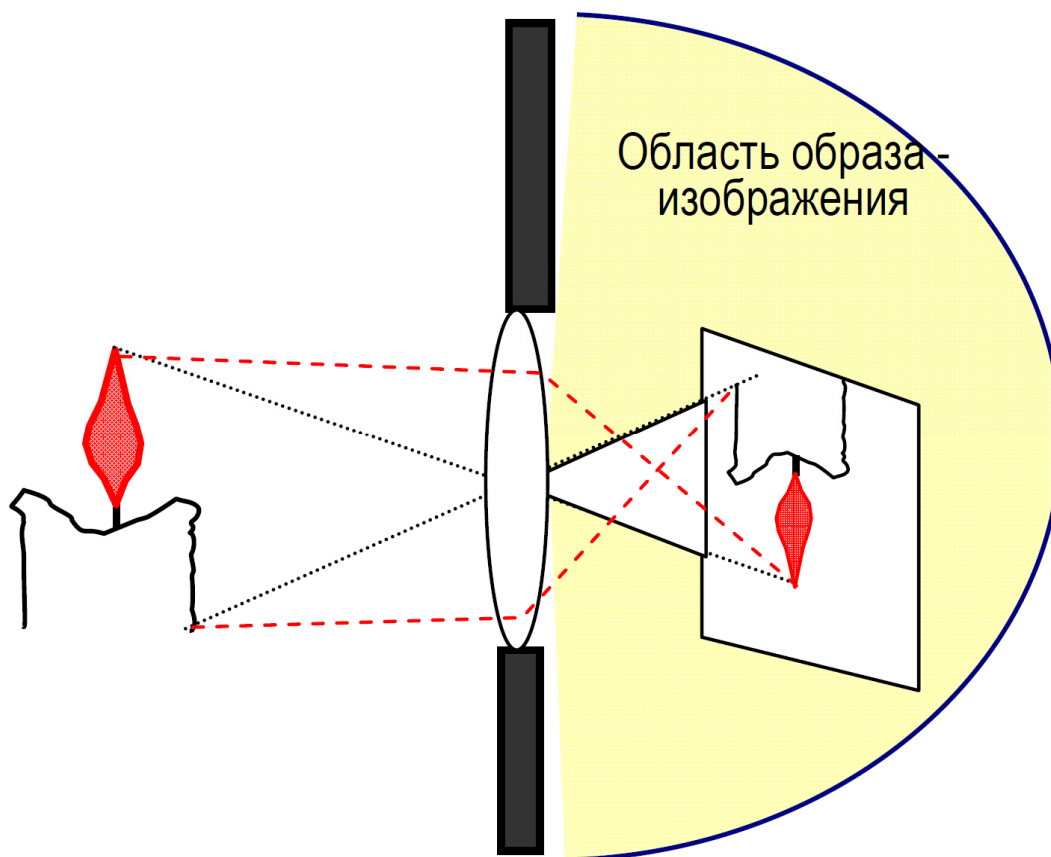


Рис .5. Эмиссия коммуниката и формирование изображения объекта объективом

Благодаря этому существенно увеличивается яркость изображения. В случае проектирования изображения на матрицу фотоэлементов, различаемые неоднородности отражаемого объекта (величина элемента неоднородности и спектр излучения) определяются линейными размерами и спектральной чувствительностью фотоэлемента. При этом яркость элемента, как непрерывная величина, с помощью аналого-цифрового преобразователя обычно преобразуется к дискретной форме, более удобной для операций современных технологий обработки ИО.

Аналогичные процессы происходят при формировании изображения в сканирующем электронном микроскопе [Деркач, 1974]. Только в этом случае перемещается электронный поток в процессе сканирования, а детектор отраженных электронов неподвижен. В общем случае *отражение* будем рассматривать как воспроизведение в иной форме изменений (особенностей)

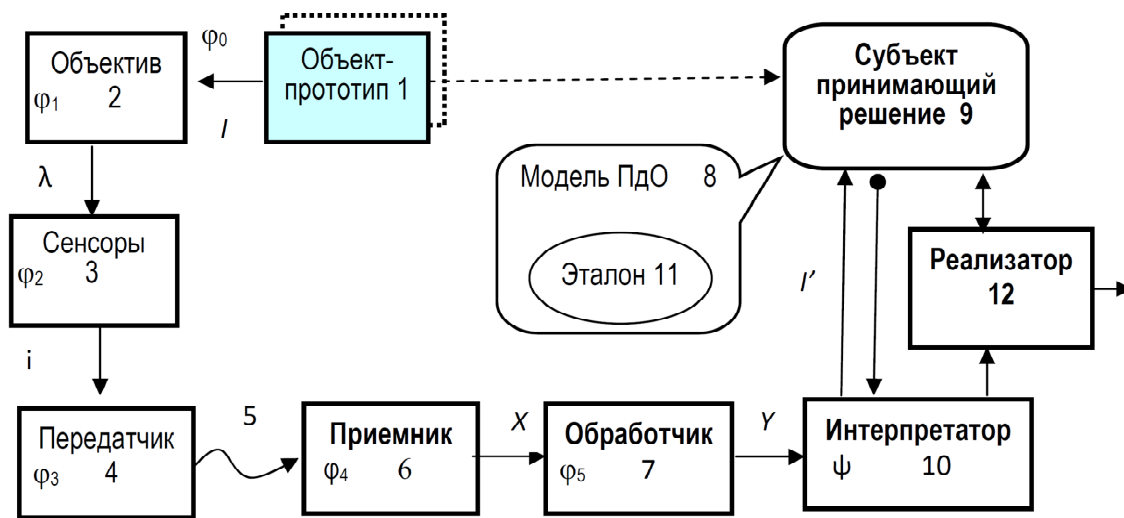
одной системы в изменениях (особенностях) другой. Из изложенного следуют два практических способа изучения *свойств* объекта:

- *Пассивный способ*, при котором исследуются собственные поля и потоки частиц, излучаемые объектами;
- *Активный способ*, при котором исследуются результаты взаимодействия объекта с полями, потоками частиц облучающих объект и, наконец, непосредственным воздействием другого тела.

Можно привести примеры использования *коммуникатов* также для формирования изображений путем изменения характеристик поверхности материальных объектов; например растворимости чувствительного слоя при электронной либо ионной литографии, изменения отражающих свойств бумаги при воздействии на нее струи чернил принтера. Формируемое из фотонного потока изображение на сетчатке глаза человека может благодаря соответствующим физико-химическим механизмам фиксироваться в памяти человека. *Отражение* также может ассоциироваться с некоторым смыслом *объекта* или *отражения* и подменяться именем, которое используется при принятии решений и мышлении. Процессы формирования, создания, сбора, обработки, накопления, хранения, поиска, распространения и использования *отражений* ниже будут рассматриваться как *информационные процессы*, которые могут существовать и в живом и неживом мире и независимо от наличия пользователей.

Учитывая важнейшую роль фотонов и электронов в этих процессах, как составляющих процессов формирования информационных объектов и их взаимодействий с материальным миром представляется уместным их помещение в нулевом ряду таблицы Д.И. Менделеева. Естественно не в качестве атомов вещества, а в качестве элементов иной фундаментальной материальной сущности *коммуникатов* – переносчиков взаимодействий в рамках *макромира*, оставаясь при этом элементами стандартной модели элементарных частиц, но уже в рамках *микромира*.

**Этапы обращения информации.** На рис. 6 приведена схема технических средств, обеспечивающих некоторый несложный жизненный цикл отражения выбранного объекта-прототипа.



**Рис. 6.** К жизненному циклу отражения

Основные стадии жизненного цикла отражения (рис. 6), которые могут относиться к объективному (стадии 1-7) либо прагматическому (пользовательскому, стадии 8-10) этапам, состоят в следующем:

*Эмиссия* выбранным объектом-прототипом 1 коммуниката в свободное физическое пространство, *формирование* вокруг объекта-прототипа области информационного поля в соответствии функцией преобразования  $\varphi_0$  и  $\varphi_1$  для образа-изображения объективом 2.

*Рецепция* (восприятие) некоторых физических параметров информационного поля (интенсивность, спектр, вектор распространения...) области изображения и преобразование  $\varphi_2$  к форме, удобной для дальнейшей обработки; например, преобразование сенсорами 3 излучения  $\lambda$  в электрический ток  $i$ .

*Передача* образа на расстояние системой связи, состоящей из передатчика 4; линии связи 5 и приемника 6. Обычно осуществляется кодирование сигналов (приведение к формату удобному для линии связи), далее их запоминание и размножение.

В результате преобразований  $\varphi_0 \dots \varphi_4$  отражений выбранного объекта-прототипа в формируемое отражение  $X$  могут быть внесены помехи.

---

Обработка отражения  $X$  включает устранение избыточности, удаление шумов и второстепенных деталей, "распознавание" отображения (отнесение отражения к какому-нибудь классу), логическую обработку и процессы "идентификации" выбранного объекта, добавление данных и формирование обработчиком 7 более сложных информационных структур  $Y$ , которые воспринимаются решателем 9 для принятия решений.

На прагматическом этапе осуществляется *интерпретация отражения*  $Y$  с целью формирования отображения  $I'$ , которое воспринимается решателем 9 (им может быть как человек, так и машина). При этом существенную роль оказывает модель ПдО 8, имеющаяся у субъекта 9. Вид функции преобразования интерпретатора 10  $\psi$  определяется, в частности, такими факторами [Куликовский, 1997]:

- 1) Договоренность между разработчиком системы и пользователем о характеристиках  $I'$ , например, выбор единиц измерений свойств объекта-прототипа 1 и эталона 11;
- 2) Особенности ситуации конкретного пользователя и имеющейся модели целесообразных формальных либо неформальных действий субъекта 9 (человека или информационно-вычислительной машины).

В общем случае *интерпретация отражения*  $I' = \psi(Y)$  означает процедуру преобразования отражения  $Y$  в утверждения о некоторых измеренных свойствах объекта-прототипа (значениях), опознанных фактах или понятиях, в формирование модели объекта (смысла) или среды (контекста).

*Реализация информации* может состоять в специфическом изменении *актуатором* (реализатором 12) другого материального объекта согласно содержанию отражения. Если в тракте передачи имеется линия связи, то отражения объекта-прототипа обычно именуются сообщениями [Куликовский, 1997]. Отражения, формируемые в ИС на различных стадиях жизненного цикла, удобнее определять конкретными понятиями, характеризующими онтологический статус *отражения объекта-прототипа*. Например, информационное поле, область образа-изображения в информационном поле, исходные данные, обработанные данные, реализованные данные и др. В случаях отсутствия линии связи или формирования некоторым субъектом *сообщения звука* или *текста*, независимо от формы представления будем пользоваться обобщенным понятием: *информационный объект* (ИО) [Мержвинский,

---

---

2013]. ИО – абстрактная сущность, отвлеченная от конкретных стадий жизненного цикла отражения.

Определение 2. **Информационный объект** - это совокупность состояний элементов носителя объекта - *отражения*, отображающего состояние материального объекта-*прототипа* или другого ИО (в ИМ или внешнем носителе).

Определение 3. **Объективная информация** – отражение объектов-*прототипов* в виде некоторой материальной неоднородности элементов объекта-*отражения* [Мержвинский, 2012].

Применительно к рис. 6 в случае морфного отражения, когда ИОП и ИОО эквивалентны, термин *информация*, независимо от стадии жизненного цикла, формально представляет одну и ту же сущность и пригоден к любой форме отражения. При удовлетворительной работе технических средств 1 - 8 отражение I' в определенном контексте соответствует характеристикам объекта-прототипа либо его реальным свойствам I. ИО, созданные человеком, также интерпретируются ИМ, системами ИИ или человеком в соответствии с имеющейся у них моделью ПдО. В общем случае ими могут быть не только значение свойства объекта, определяемое некоторой физической величиной, но и опознанный факт, понятие, некоторый контекст предметной области (ПдО) [Палагин, 2012]. В такой трактовке, независимо от формы представления ИО, может быть дано определение субъективной информации:

Определение 4. **Субъективная информация** - это смысловое содержание объективной информации как результат интерпретации ИО (совокупности состояний объекта-отображения) в соответствии с некоторым правилом его интерпретации. При этом в результате интерпретации может: а) формироваться образ объекта-прототипа (значение); б) опознаваться некоторый факт; в) формироваться некоторая модель объекта (смысл) или среды (контекст). В общем случае:

Определение 5. **Информация** - это отражение материальных объектов-*прототипов* или результатов деятельности человека в виде совокупности состояний ИМ или носителя.

Более коротко ИО – это отражение реального мира. Информация – это интерпретация в некотором контексте содержания ИО. Отличие понятий 2 и 5 в том, что суть ИО характеризуется его собственной структурой состояний, а информация характеризует другой объект. Из

---

---

изложенного следует инвариантность приведенного определения и для субъективного и для объективного подходам.

---

## 2. Элементарные материальные носители отражений и информационные объекты

---

**Статические и динамические иксели.** Материальные неоднородности и структуры конкретного объекта-отражения в ИМ на нижнем уровне обычно представлены одномерными элементами: *пикселями, вокселями, периодическими колебаниями носителя*. В более сложных случаях сущности представлены такими компонентами hardware, как регистр или матрица элементов памяти, состояния которых, заметим, не обнаруживаются органами чувств человека. В литературе, к сожалению, отсутствует обобщающий термин, именующий *элементарный материальный носитель отражений* (ЭМНО), независимо от того, что является носителем отражения, одно- или многозначный элемент памяти, некоторый аппаратный преобразователь или коммуникат. По аналогии с терминами *пиксель* (наименьший материальный элемент визуализации) и *сенсель* (от *sensor element* - чувствительный элемент) для именования конструктивного элемента отображающих неоднородностей вместо неудобного ЭМНО предлагается обобщающий термин **иксель** (*ixel* – производный от *icon-element*) [Мержвинский, 2013]. В зависимости от вида носителя *иксел* может быть реализован (рис. 7) как:

- *Аппаратный* элемент hardware, реагирующий на воздействие (*H-иксел*); например, элемент памяти, инвертор, эмиттерный повторитель, триггер, элемент длинной линии. Конструкции *H-икселей* могут включать вспомогательные элементы: защитные слои, повышения надежности и др.
- *Динамический* элемент переносчика сигналов, работающей функциональной цепи ИМ (*D-иксель*).

Структура динамического икселя (*D-икселя*) определяется структурой *коммуниката* (например, фотонного потока) и среды передачи (например, одно- или многомодового оптоволокна).

*Динамические иксели* - импульсы либо более сложные структурные образования *коммуниката* для передачи отражений.

Определение 6. **Аппаратные иксели** (*H-иксели*) – простейшие функциональные элементы hardware ИМ или среды, способные изменять свое текущее состояние под влиянием входных



материальных воздействий - входных *коммуникатов* - и эмитировать *коммуникаты* соответственно его текущему состоянию.

Определение 7. **Динамические иксели** (*D-иксели*) – элементы *коммуниката* цепи ИМ, структура которых определяет воздействие *H-икселя-источника* на *H-иксель-отражение* и его изменение.

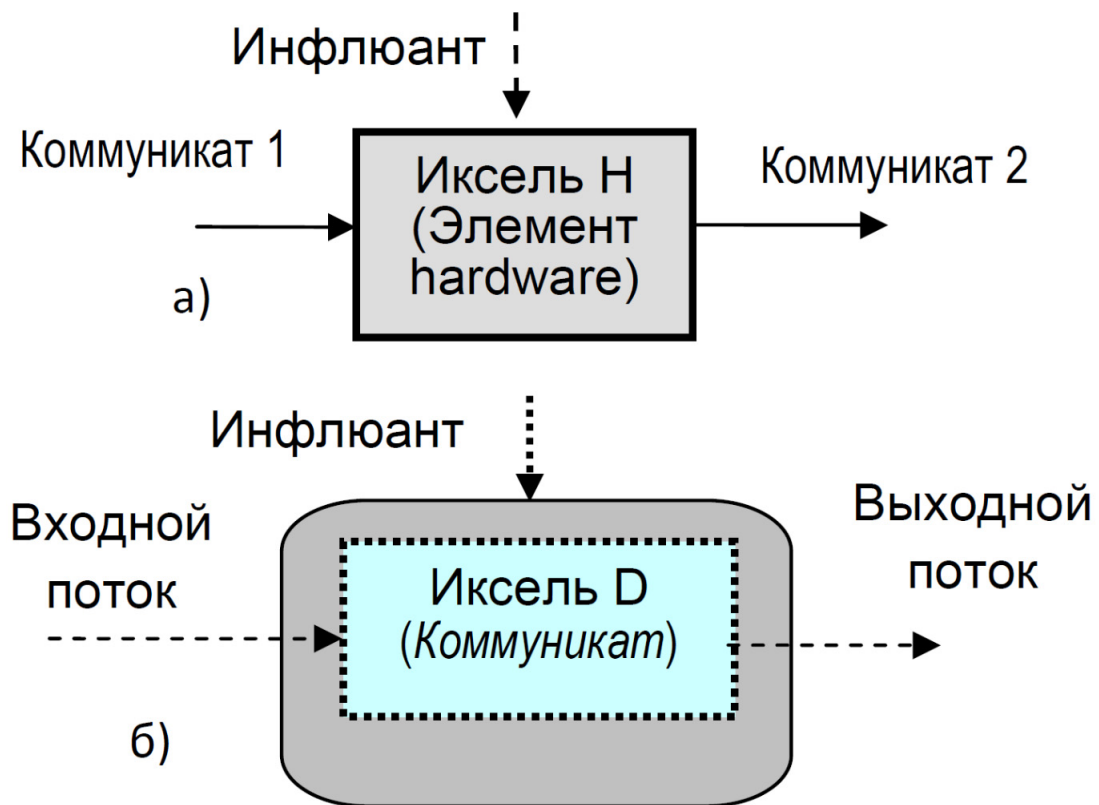


Рис. 7. Концептуальные компоненты аппаратного и динамического икселя

Если *иксели* с помощью *коммуниката* взаимодействуют с внешним материальным миром, то это *актуаторы* либо *сенсоры*; если взаимодействуют в пределах ИМ, то это  $\Phi$ -преобразователи (аппаратные *формеры* [Глушков, 1987]), регистры и др. Целесообразность введения инвариантного понятия аппаратный *H-иксель* в том, что оно позволяет использовать его для описания передачи информации в кибернетических системах, которые включают не только ИМ, но и компоненты не живых материальных структур и живых организмов. Кроме того, в отличие от понятия „носитель”, *H-иксель* может рассматриваться не только как элемент ИМ или среды, но и

---

как элемент объекта-прототипа . При этом геометрические размеры и другие свойства *икселя*, как материального элемента объекта-прототипа, и эмитируемого им *коммуниката*, естественно, отличаются от аналогичных характеристик *икселя* объекта-отражения. Иксели могут рассматриваться как элементная база низшего уровня, на основе которой могут быть построены информационные устройства, механизмы и машины.

---

### 3. Теоретико-множественные отображения статики объектов ПдО элементарными отображающими объектами (икселями)

---

Установлено, что в видимой вселенной всегда имеет место воздействие на объекты некоторых излучений, и каждый объект материального мира может иметь свое информационное поле и одно или несколько отражений, составляющих информационный мир. Таким образом, можно считать истинным утверждение, что мир объективно существует в виде двух составляющих: материального мира и соответствующего ему мира отражений или информационного мира (Рис. 8).

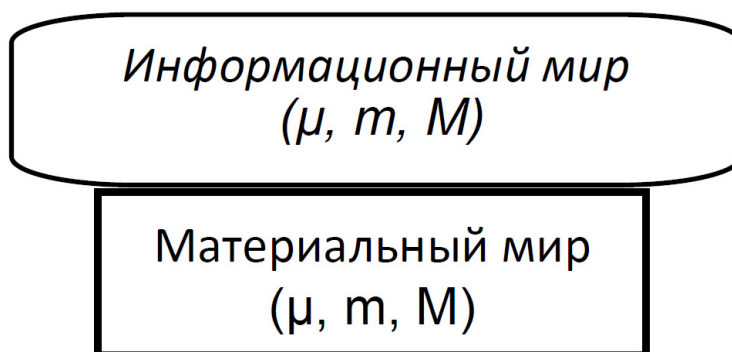


Рис. 8. Материальная и информационная субстанции бытия (материального мира и мира отражений)

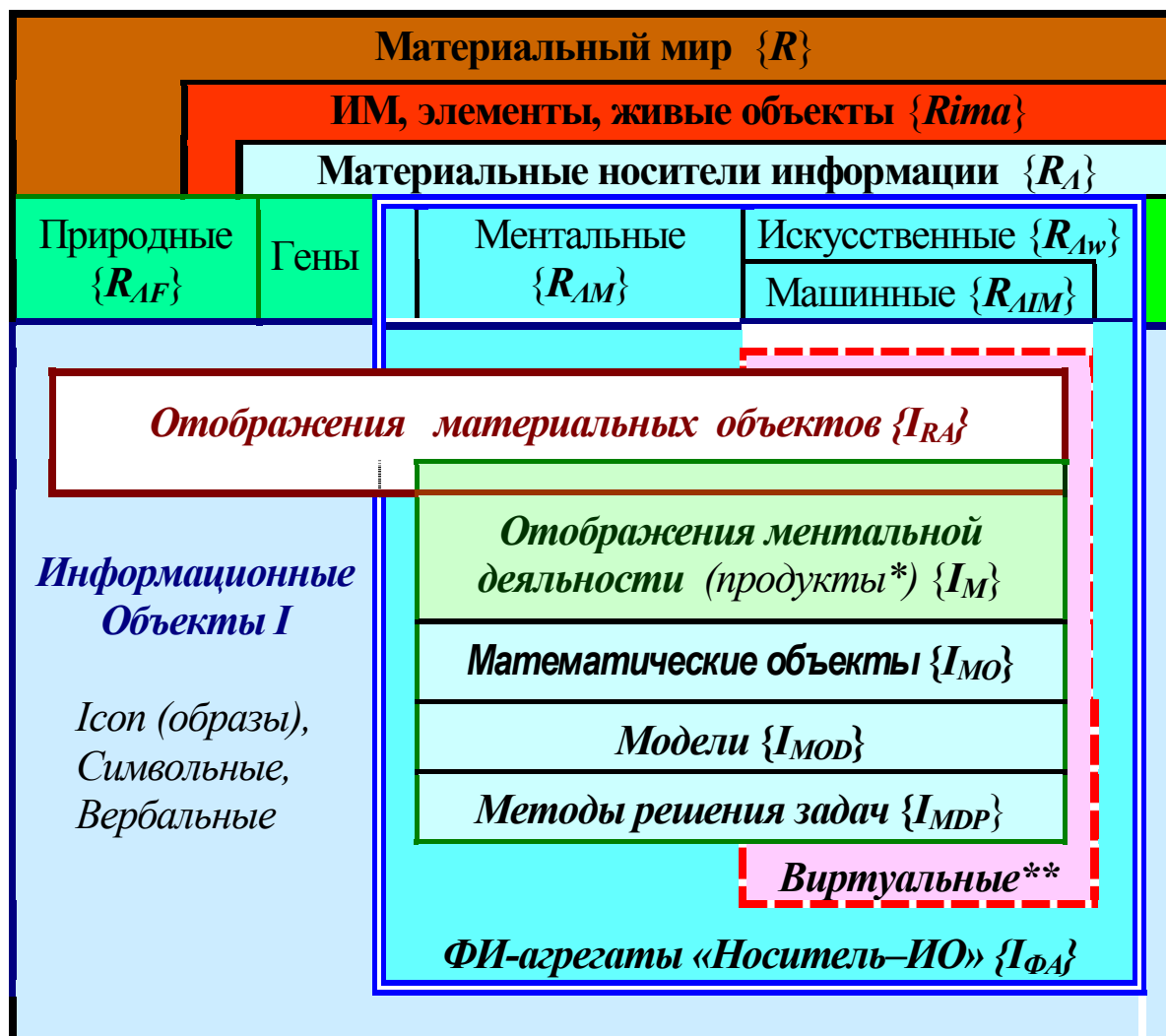
Процесс *первичного* отражения  $Y=A(X)$  определенных свойств объекта-прототипа (физических величин плотности, упругости, отражающей способности, скорости, ..., объектов макромира) состоит в формировании состояний *икселей* и характеризуется значениями величин в некоторой области (первичными утверждениями). Состояния конкретного объекта-отражения могут формироваться, например, в виде яркости одномерных пикселей на листе писчей бумаги. При более сложных видах отражений могут формироваться состояния нуль-, одно-, двух-, трех- или многомерных *икселей* технических средств информатики и сравниваться с эталонами отображаемых величин.

Создание компьютеров, развитие „мировой” науки и „мировой” математики позволили моделировать многие составляющие статики и динамики бытия, прогнозировать его развитие. Материальный мир, его физические, все усложняющиеся технические и экономические системы стали описываться типами и количеством объектов с определенными свойствами, их связями. Совокупности ИО с устойчивой системой взаимосвязей в некоторой структуре формально стали представляться теоретико-множественной структурой  $\{<S, T_1, T_2, \dots, T_n>\}$ , где  $S$  – множество индивидов,  $T_1, T_2, \dots, T_n$  – отношения [Андон, 1999]. Состав, отношения основных категорий МО и ИО универсума достаточно наглядно могут быть отображены делением материальной и информационной субстанций на кластеры исходных *иксель* объектов известных категорий и с устоявшимися именами. Пример организации таких кластеров в виде некоторой топологической структуры приведен на рис. 9.

В категории объектов материального мира  $\{R\}$  выделен кластер объектов  $\{R_{ima}\}$ , включающий *информационные машины*, их элементы и живые организмы. Выделен кластер  $\{R_\lambda\}$  материальных носителей отражений независимо от их местонахождения. Кластер  $R_\lambda$  может содержать классы объектов  $\{R_\lambda^i\}$ , где  $i$  – индекс класса носителей. Например, класс естественных объектов  $R_{\lambda F}$ , искусственных объектов *культурального* [Lozovski, 2003] мира  $R_{\lambda w}$  (книги, картины, фонограммы), машинные носители  $R_{\lambda m}$ , носители отражений в организме человека  $R_{\lambda m}$ . Отдельно выделены генные носители. Категории *отражений* объектов материального мира составляют класс ИО в *ранее рассмотренном смысле*.

Совокупности исходных *иксельных* отражений могут быть представлены иерархией *l-объектов* в виде некоторых сущностей, например, образных (*icop*), символьных и вербальных *отражений* статики и, динамики ПДО. Из множества возможных категорий кластеров ИО  $\{l\}$  на рис. 9 приведены такие:

- Категория актуальных отражений  $\{l_{RA}\}$  объектов материального мира  $\{R\}$ ;
- Категория  $\{l_M\}$  отражений ментальной деятельности живого организма (мира мыслей), включающих также синтезированные ИО и языковые объекты, не являющиеся *отражениями* реальных объектов материального мира. В категории выделены созданные человеком *математические объекты* (ММО), *определенные именем и текстом*  $\{l_{MO}\}$ , *модели*  $\{l_{MOD}\}$ , отображающие некоторую сущность средствами математики (в том числе модели представления знаний),  $l_{MDP}$ - математические методы, отображающие некоторую динамическую сущность, например, метод решения задачи.



\*Созданные в результате деятельности субъекта

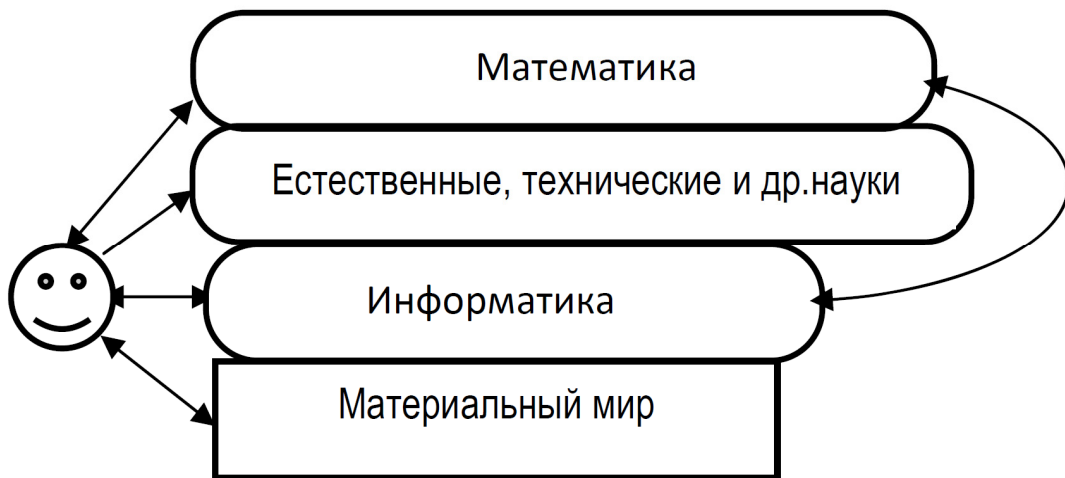
\*\* Созданные в технических средствах

Рис. 9. Теоретико-множественное представление кластеров *икселей* статики материального и информационного миров

#### 4. Соотношения материальных, информационных и математических объектов

Не тривиальным выводом из рис. 9, отображающего состав и соотношение объектов материального и информационного миров, представляется утверждение, что множество состояний *икселей* объектов-отражений  $Y=A(X)$ , формируемых на основе материальной субстанции, может рассматриваться, как некоторая **информационная субстанция**. В этой

информационной субстанции  $Y$  могут быть выделены по различным признакам и систематизированы исходные информационные объекты (ИИО) и вторичные ИО, образующие информационное пространство (ИП). Очевидно, что ИИО есть исходная элементная база ИО (сущностей) более высоких уровней: информационных моделей естественных и технических наук и математики. Если исходить из последовательности формирования ИО этих наук, то их взаимосвязи выглядят как на рис. 10.



**Рис. 10.** К взаимосвязи материальных, информационных и математических объектов

Отметим особенность формирования ИП, которая может влиять на подход к его определению. Выше указывалось, что совокупностями *икселей* могут быть представлены как элементы материальной части объектов-*отражений*, так и элементы *материальных объектов-прототипов* (характеризуемых составом и состоянием *икселей* объекта-*прототипа*). Это иллюстрируется тем, что, как известно, наиболее точным отображением материального объекта во внешнем материальном мире есть его материальная копия.

Формально к ИП могут быть отнесены не только МО, хранящие отражения объектов материального мира, но и все материальные объекты. Однако распространение понятия ИП на все материальные объекты приводит к чрезмерной интеграции понятия. Поэтому под ИП все же следует считать пространство, содержащее материальные носители актуальных отражений реального мира, т.е. *актуальное информационное пространство*.

Анализируя структуры средств информатики можно показать, что задачи информатики решаются с помощью трех видов ИМ, отличающихся  $R$  и  $I$  категориями источников выбранных входных и выходных ИО, где  $R$ - материальные объекты,  $I$ - информационные объекты [Мержвинский, 2013].

$R$ - $I$  машины - формируют статические и/или динамические образы материального мира (данные). Это входная аналоговая часть средств радиолокации, гидроакустики, оптики, измерительные и контролирующие устройства состояния  $R$ -объектов (естественных, искусственных и живых).

Выходные ИО  $R$ - $I$  машин есть ИИО объекты естественных, технических и других наук.  $I$ - $I$  машины - оперируют с ИО. На нижнем уровне – только с кодами, с помощью которых могут быть представлены знаки, функции и более сложные объекты.  $I$ - $R$ - машины - устройства реализации информации (вывода, исполнительные устройства).

В результате транзакций  $I$ - $R$  машин на их выходе оказываются или существующие материальные объекты с измененными состояниями или вновь сформированные (в соответствии с исходным  $I$  – объектом и поставленными задачами). Это могут быть сервомеханизмы, станки с программным управлением, устройства нанесения рисунков, медиасредства.

*Математика* предоставляет универсальный язык науки и техники, как специальных видов деятельности, направленных на выявление общих закономерностей мироздания (наука) и реализацию познаний, как частного (техника). Математические объекты (ММО) создаются путём идеализации человеком свойств материальных объектов или характеристик других ММО. Это: числа, множества, отношения порядка, группа; понятия, связанные с абстрактными элементарными геометрическими фигурами: точка, прямая, пространство, функция; уравнения, связанные с ситуацией; вероятность, связанная с динамикой процессов в некоторой ПдО; утверждения и способы рассуждений. Связам на рис. 10 соответствует такие уровни ИО: ИИО нижнего уровня, ИО средств информатики, моделей объектов материального мира, первичных ММО, математических моделей и методов.

---

Представление мира в виде единичных и множеств материальных элементов мира и их отражений в виде информационной субстанции позволяет при систематизации входных и выходных ИО выделить категории ИО, отличающиеся по таким признакам:

*Происхождение ИО:*

- *ИО от источников материального мира:* объект-прототип, информационное поле, образ-изображение; ИО, сформированные техническими средствами под управлением некоторой программы: данные, модель объекта, объект-*отображение*, модель ПдО, база данных, база знаний;
- *ИО, сформированные человеком* на основании предыдущего опыта и/или некоторого наблюдаемого мира: концепция, облик, данные, модель объекта, модель ПдО, база данных, база знаний, ИС ПдО.

*Суть созданных ИО, в частности:*

- *Математические объекты* — абстрактные объекты, определенные именем (или символом) и текстом, обычно в виде характеризующих его свойства аксиом;
- *Модели объектов внешнего мира*, сформированные из ИО и/или ММО:
  - *Модель конкретного объекта*, сформированная техническим средством, например, в виде точечного рисунка;
  - *Абстрактные модели*, отображающие самые общие черты характерных объектов;
  - *Иерархические структуры из ИО*, разработанные человеком, отображающие состав объектов, связи и состояние некоторой ПдО.

*Модели объектов внутреннего мира человека:*

- Модель нейрона, как структурно-функциональной единицы нервной системы;
- Модель духа – как иницирующего начала, как основы сознания.

*Сложность выбранных единичных структур:* бит, цифра, знак, isop-объект, массивы и намного более сложные структуры, отображающие некоторые смыслы, и которые можно отнести к исходным, точно определяемым ИО статике информационного мира (элементной базе).

Отметим различие между ИО, являющимся отражением материального объекта-*прототипа* или другого ИО в ИМ или носителе (в виде битов или конкретной совокупности состояний *икселей*), и *ММО объектом*, характеристики которого не зависят от конкретной его реализации. Например,

---

---

байт, как МмО – это 8 - позиционный код (с контрольным разрядом – 9-позиционный). Содержимое же байта – это ИО.

Наряду с традиционными алгебраическими операциями важнейшими операциями информационной и математической теорий являются *абстрагирование* ИО, в результате которого создается абстрактный объект, и *интерпретация* абстрактного объекта, в результате которой формируется реализация конкретного ИО [Андон, 1999]. Что касается направлений развития математики, то они существенным образом определяются развитием приложений, в которых используется формально-логические средства математики, и методы решения задач. Усложнение ПдО, прикладных задач и совершенствование методов решения привели к переходу от математического моделирования относительно простых объектов к созданию моделей и баз данных, отображающих с помощью многомерных структур динамику ПдО (в том числе средств информатики), баз знаний, отражающих законы функционирования объектов ПдО и обеспечивающих расширение классов решаемых задач.

---

## 5. Динамика ИО и МмО в глобальной ИС

---

*Динамические* объекты, характеризующиеся такими понятиями как действие, процесс и явление, описываются, в частности, дифференциальными уравнениями языка математического анализа. Важные характеристики процесса - время либо количество переходов из одной ситуации в другую. *Процессы в физической сети объектов* - могут быть представлены подпроцессами непосредственных и опосредствованных физических взаимодействий, *транзакциями* опосредствованных взаимодействий объектов и процессами в сети той или иной конфигурации с участием ИМ (решение задач субъектов). Связь понятий, отражающих все усложняющиеся физические стадии процесса, приведена на рис. 11.

Будем исходить из того, что в прагматическом плане наука, как сфера деятельности человека, есть система материальных и информационных ресурсов для создания, в частности, моделей, отображающих и статику и динамику реальных объектов, необходимая для открытия законов, действующих в ПдО и технологий их совершенствования. Мир технологий может включать проектные организации, производственные системы, технологические линии [Мержвинский, 2000], обеспечивающие жизненный цикл разработки. При системном подходе современный мир земной может быть представлен в виде глобальной информационной системы, как на рис. 12.



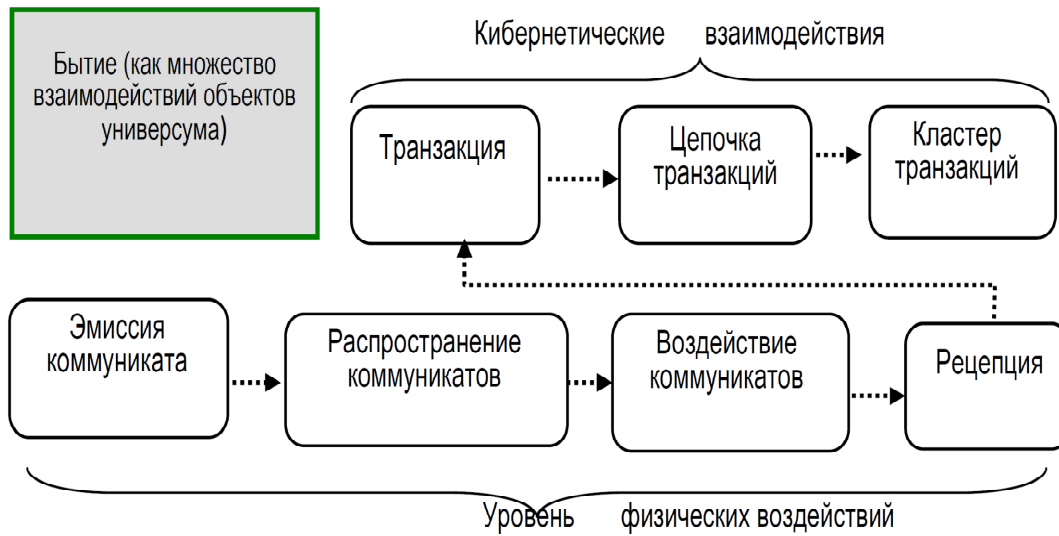


Рис. 11. Коммуникаты и транзакции – исходные понятия сущности процессов в ПдО

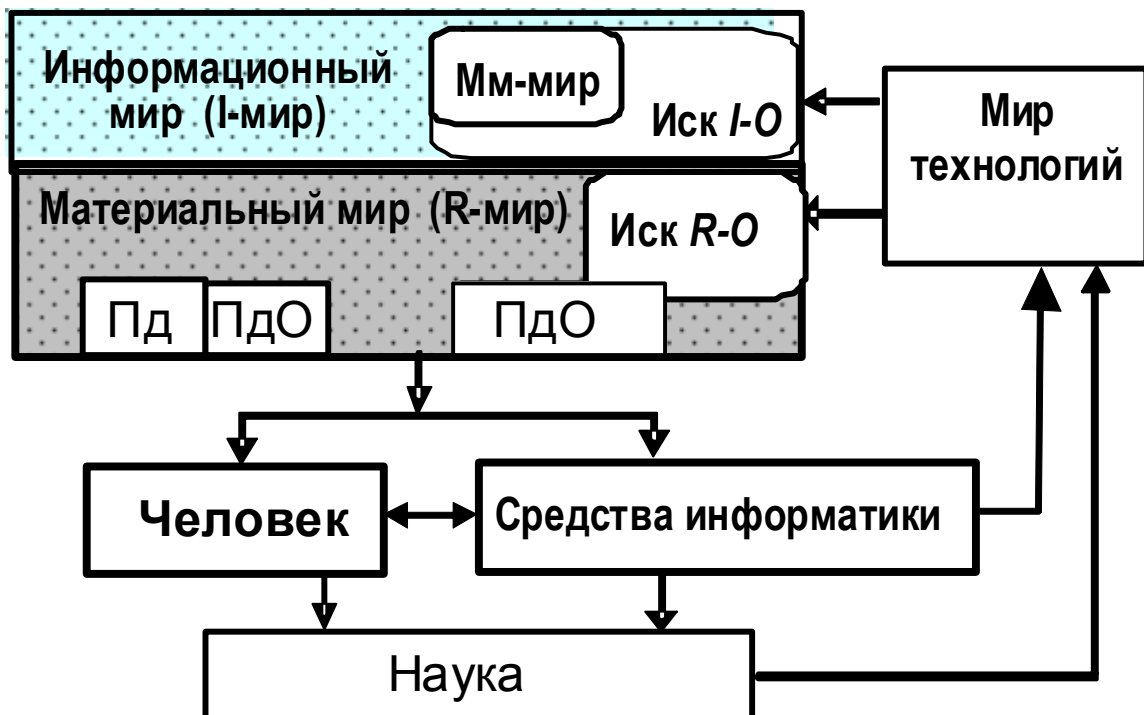


Рис. 12. Мир - как глобальная информационная система: ПдО – предметные области; Иск I-O – искусственные ИО; Иск R-O – искусственные МО

Связи между материальными компонентами отображены в виде стрелок. Направление стрелок обозначает, что выходной продукт объекта, из которого выходит стрелка, является входным продуктом объекта, в который входит стрелка. С каждой стрелкой связан ИО и переносающий его коммуникат.

Во взаимодействии R-I-миров участвуют человек, технологические системы, наука, важнейшей частью которой являются информатика и математика. Основные источники информации: сенсорные устройства средств информатики, знания профессионалов соответствующих ПдО, и тексты, описывающие знания о ПдО. Знания об объектах математики представляют известные математические структуры Бурбаки - Алгебраические структуры, (отражающие свойства композиции объектов), Топологические структуры (свойства, связанные с понятиями окрестности, предела, непрерывности) и Структуры порядка [Бурбаки, 1950]. Эти структуры удобны для построения иерархии структур объектов и отражают их свойства некоторых объектов математики на более высоком уровне, чем теории множеств, [Марков, 2014].

Следующий уровень абстракции – теория категорий [Голдблатт, 1983]. Однако применительно к системному подходу при анализе материальных и информационных ПдО эти понятия составляют коллизию с общепринятым понятием первого уровня абстракции: структура объекта – совокупность его элементов и связей между ними. Применительно к прагматическим задачам материального и информационного миров удобнее пользоваться понятием *архитектура* – в общем случае концепции взаимосвязей компонент сложной структуры различных уровней.

В нашем случае архитектуру математики определим как совокупность компонент математики, обеспечивающих реализацию основных функций математики. К основным функциям математики будем относить:

- Описание облика объекта или ПдО [Валькман, 1997], в частности, с помощью дескриптивных сред [Редько, 2013];
- Решение прямой и обратной задач в ПдО, возникающих в актуальных ситуациях;
- Моделирование объекта либо ПдО с целью прогнозирования их развития;
- Совершенствование математических средств создания ментальных [Мержвинский, 2009] и машинных моделей материального и виртуального миров.

Компоненты и определяемая ими архитектура математики формально могут быть представлены, в частности, входными объектами, сущностями функций и компонент, выходными объектами, свойства которых определены в рамках элементарной, высшей или специальной математик и информатики. Характерные выходными объекты - множества, функции, функционалы (числа).

С учетом существующих разделов современной математики, архитектура может быть представлена компонентами и взаимосвязями, приведенными на рис. 13.

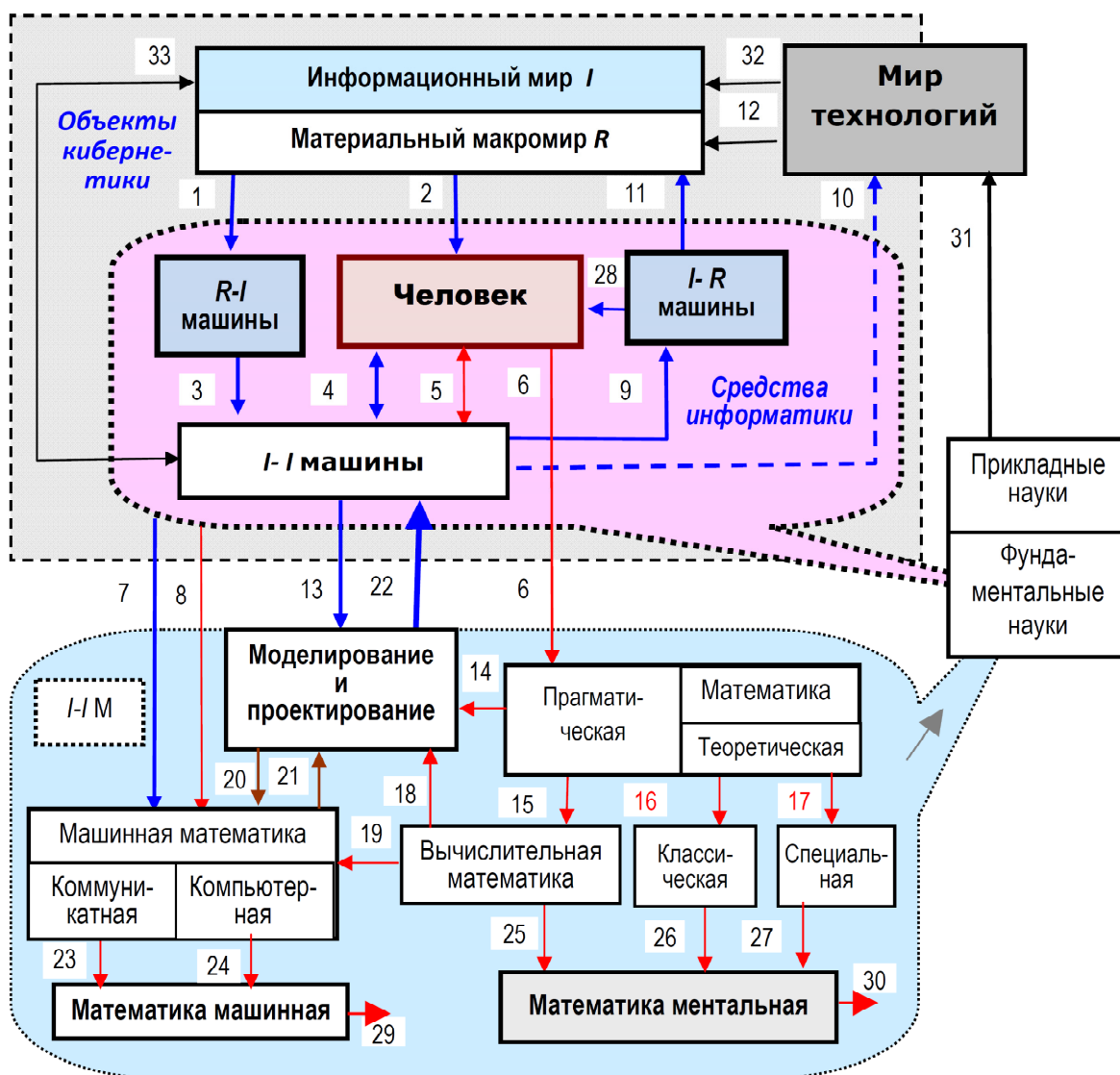


Рис. 13. К обращению ИО и МмО в R-, I и Мм-мирах

*Математика теоретическая и прагматическая.* Задачи теоретической или чистой математики сводятся к доказательству математических утверждений, описывающих связи между классами ММО, т.е. к внутриматематическим задачам. Примеры чистой математики - алгебра и геометрия, исчисление высказываний, теории систем и категорий. Задачей прагматической математики является исследование математических моделей, описывающих естественные явления, включая доказательство существования и способы нахождения конкретных численных решений различных прикладных математических задач [Левич, 2009].

*Вычислительная математика* — математическая дисциплина, изучающая методы численного решения математических задач путем нахождения алгоритма точного или приближенного получения результата с помощью конечной последовательности элементарных арифметических операций. Включает теорию численных методов решения типовых математических задач.

*Классическая математика* – согласно Гильберту классическая математика непротиворечива, ее теории полны, ее конструкции продуманы и признаны математическим сообществом, прекрасно работает в практике (алгебра, геометрия, математическая логика).

*Специальная математика* - теории систем, категорий, квантовая теория вычислений и другие разделы современной математики

*Моделирование и проектирование.* Некоторые ядром математики считают математические модели [Охлопков, 2010]. Модель - физическая, информационная либо математическая система, адекватно отображающая связи и отношения компонент, как простейших, так и самых сложных объектов и процессов.

Выделим *информационные модели* — модели объекта или системы, представленные в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины компонент, связи между ними, входы и выходы.

*Математические модели* рассматриваются как совокупности соотношений (формул, неравенств, уравнений, логических соотношений), определяющих характеристики состояний системы в зависимости от ее параметров, начальных условий, входных и выходных величин

---

[Молчанов, 1988]. Таким образом, любая математическая модель представляет собой набор математических зависимостей, связывающих между собой набор переменных.

*Моделирование* – один из способов познания окружающего мира и решения задач ПдО. Языки познания, управления и моделирования – могут включать языковые средства, относящиеся к различным компонентам математики. Например, задачи компьютерного моделирования технологического процесса с целью принятия решений при оптимизации параметров объекта могут требовать разработки нескольких взаимосвязанных частных моделей моделируемого объекта (теоретической непрерывной, численного решения, на языке программирования и нескольких этапов моделирования технологического процесса) [Мержвинский, 1996].

*Проектирование* — многостадийный процесс формирования и совершенствования облика объекта в некоторой системе координат, необходимой для его реализации [Валькман, 1997]. Проектирование включает еще больше моделей – сформулированных на языке взаимодействий МО: технологического инструмента и R-объектов. Наличие на входах и выходах моделей как ММО, так и ИО позволяет относить моделирование не только к прагматической части математики, но и к информатике и другим наукам.

*Компьютерная математика* – содержит традиционные методы решения задач brainware-, software- и hard-ware с помощью компьютера и отличается такими особенностями:

- Форматы компьютерных математических объектов верхнего и нижнего уровней заданы разработчиками ИМ исходя из особенностей технологии обработки;
- Между компьютерными числами (фиксированными, целыми, с плавающей точкой) и математическими числами не может быть точного соответствия, существует только отношение „соответствия”;
- Компьютерные числа обрабатываются особыми арифметическими операциями. Особенность арифметических операций в том, что алгоритмы операций умножения и деления достаточно сложны, микропрограммы операций, как и элементы процессора, могут содержать ошибки разработчиков [Мержвинский, 1977]. Эти ошибки и неисправности характерны для редко встречающихся сочетаний операций и кодов данных, диагностируемы сложными тестами, которые также могут содержать ошибки разработчиков.

*Компьютерная математика* включает поиск, разработку и анализ:

- Структур, свойств алгоритмов и программ, удовлетворяющих специфическим условиям, накладываемым работой на компьютере;
- Новых принципов и методов компьютерного моделирования сложных систем, в частности, решений задач методом вероятностного моделирования;
- Теорий языков программирования различного уровня: (машинные, языки символического кодирования, универсальные и проблемно-ориентированные языки программиста, программирования высокого уровня);
- Систем программирования - средств для разработки новых программ на конкретном языке программирования.

Математика ИМ кроме математики компьютеров, очевидно, должна включать и математику *коммуникатов* и относящихся к ним технических средств.

*Коммуникатная математика*, очевидно, должна включать средства описания и метрологию процессов взаимодействия ИМ и МО с помощью *коммуникатов*, экспериментальные и теоретические модели:

- Генерации и распространения *коммуникатов*, в т.ч. электромагнитных волн и механических колебаний, в различных средах;
- Взаимодействия *коммуникатов* с объектами коммуникационного процесса;
- Формирования и обработки потоков цифровых сигналов путем преобразования *коммуникатов* в аналоговых и дискретных устройствах.

Потоки ИО и ММО между компонентами глобальной информационной системы на рис. 13 иллюстрируются толщиной стрелок (ИО – толстые, ММО – тонкие) и определены следующим образом:

1 - Отражения сущности выбранных объектов реального мира, формируемые в информационном поле и воспринимаемые сенсорами R-I машины.

2 - Отражения сущностей и структурных отношений физических объектов ПДО на языке ощущений человека. Потоки отражений 1, 2 составляют исходную информационную субстанцию.

3 – ИО, сформированные R-I машиной в результате опыта, в формате I-I машины.

---

---

4 – ИО, сформированные человеком в результате опыта, накопленных знаний либо ментальной (интеллектуальной) деятельности на некотором формальном либо естественном языке в форме, пригодной для дальнейшей обработки (данные и программы).

5, 6 - ММО, созданные путём идеализации свойств реальных или других ММО объектов в соответствии с законами мышления и записи этих свойств на языке программирования (5) либо на некотором формальном языке (6).

7 - Базовые понятия  $R$ - $I$ ,  $I$ - $R$  и  $I$ - $I$ - преобразователей, ИО теории *коммуникатов*, сигналов, чисел и преобразователей нижнего уровня.

8 - ММО, которые используются в описании исходных свойств информационных машин и их компонент, (бит, разряд, регистр, операция, память, знания о компонентах hardware, software, branware).

9 и 10 – ИО, создаваемые в процессе созидательной деятельности.

11 и 12 – Изменения  $R$ -объектов в процессе воплощения данных на языке воздействий.

13 – ИО на языке ИМ (инфологические модели ПДО, имитационные). Технические задания. Языки проектирования. Модели преобразования ИО в компьютерах.

14 – Инструментальные средства и языки моделирования. Методы вычислений, модели прикладные.

15 – Задачи вычислений и вычислительные (численные), методы решения математических задач в численном виде.

16, 17 - Исходные ММО объекты ментальной математики (математические понятия), отношения между объектами модели, парадигмы, методы и средства математики.

18, 19 – Вычислительные модели, определяемые задачами моделирования и особенностями компьютеров. Методы машинной математики.

20, 21 – ИО и ММО объекты на языке ИМ. Дескриптивные среды [Редько, 2013].

22 – Результаты моделирования и проектирования на основе машинной модели объекта.

23 – *Теория коммуникатов* информационных машин.

24 - Знания об ИМ и ИИ (элементы, структуры, процессы, методологии, метатеории).

25 - Модели объектов, методы и средства решения вычислительных прикладных задач.

26, 27 - Модели объектов, методы и средства решения математических задач.

28 - Медиа объекты-отражения.

29, 30 – *Исчисления* машинной и ментальной математик.

31 – Модели объектов, методы и средства решения прикладных задач (инженерия).

32 - Информационный продукт, программный продукт.

33 - Программное и алгоритмическое обеспечение.

---

## **6. Ментальная и машинная математики – важнейшие составляющие мировой математики**

---

Рассмотренное *иксельное* представление физических отражений объектов позволяет по-новому реализовать системный подход к некоторым аспектам не только информатики, но и математики.

*Информационная субстанция (п.3)*, на наш взгляд достаточно определенная основа, как информационного мира, так и мира математики. Объекты индивидуумы и/или множества ИО этой субстанции существуют в исходной непрерывной полевой и далее в исходной *иксельной* форме, определяемой формирова́телем отражения. Затем объекты репрезентуются элементами структур более высоких уровней: именованным числом, цифровой, образной, символьной, атрибутивной; текстовой, предикатной, математической формами.

Представление ММО как подклассов ИО, сформированных человеком или техническими средствами, подводит к А) идее отнесения компонент, оперирующих с ИО, к информатике, и к Б) двум парадигмам математики, отличающихся формальным аппаратом, источниками порождения и выходными сущностями ММО, - *ментальной и машинной*:

- *Ментальная математика*. Ее идеология основана на результатах мыслительной и практической деятельности человека на языке формальной логики и на основе аксиом об элементах, природа которых уже не определена (идеальные объекты). Разработка моделей прикладной математики характеризуются структурной и параметрической идентификацией, требованиями к точности и сложности описания процесса. Ментальная математика классическая ориентирована на разработку моделей статики и динамики внешнего мира, методов решения задач, теорий, согласованных со структурами процессов мышления и сознания человека. Двухполушарная структура мозга человека привела к формированию двух механизмов мышления – ассоциативно-образного и логического мышления (предметного, образного, символического и знакового



---

---

мышлений). Одно полушарие лучше справляется с обработкой образов индивидов и статики ПдО реального мира (изоморфные и гомоморфные преобразования), другое с обработкой знаков, ассоциируемых с сутью динамических процессов.

Сложившиеся названия *Вычислительная* и *Компьютерная* математики одного корня, используют первичные формы отображений реального мира (числа, биты, цифры). Однако компьютерную математику связывают с наличием инструментов подготовки и решений математических задач с помощью компьютеров. *Компьютерная математика* – это совокупность методов и средств, обеспечивающих максимально комфортную и быструю подготовку алгоритмов и программ для решения математических задач любой сложности, при этом в подавляющем большинстве случаев с высокой степенью визуализации всех этапов решения [Википедия, 2015]. Характерным признаком вычислительной математики являются методы решения вычислительных задач, поэтому вычислительную математику естественно отнести к *ментальной* математике, а компьютерную – к *машинной математике*.

- *Машинная математика*. Ее входные объекты и характерные сущности навязаны ограниченной разрядной сеткой и решениями, принятыми разработчиками серийных ИМ из технологических соображений производства компьютеров. Принятые модели функционирования элементов, структур и интерфейсов аппаратных и программных вычислителей компьютеров и сетевых средств различных поколений, естественно, определялись не особенностями многовекового развития сознания человека, а выбранными механизмами формирования ИО, особенностями требований актуальных пользователей к внешним характеристикам ИМ. Исходные объекты машинной математики – это, прежде всего, ИО нижних уровней, полученные и сформированные конкретными техническими средствами на неживых материальных носителях. Это биты, числа, матрицы, символы и компоненты более сложных структур вычислителей [Деркач, 1986], языки и ОС конкретных ИМ и систем ИИ, которые, естественно, должны относиться к машинной математике. Ядро теоретической машинной математики еще должно оформиться исходя из содержания форматов, операций и функций ИМ, специфики машинных языков нижнего и среднего уровней, языков программирования, классических и машинных методов решения задач. К ядру прикладной машинной математики естественно отнести модели функционирования аппаратных и программных средств вычислителей компьютеров и сетевых средств, прикладных средств.

---

Структурный анализ и онтология компьютерной математики должны базироваться не только на множестве классических понятий математики, но и на сущностях исходных и выходных ИО, формируемых ИМ, а также объектах визуализации машинного процесса, необходимой при его отладке. Сегодняшнюю компьютерную математику, включающую набор программных средств решения определенных классов задач, например, системы Mathcad, естественно относить к категории машинной математики.

Каждая из архитектурных компонент математики должна быть наполнена соответствующими моделями, содержание и смысл которых наполнен строго определяемыми признаками, например:

- Мысленные объективные пространственные и временные модели отражения статики, отличающиеся масштабом материального мира ( $\mu$ -,  $m$ -,  $M$ -мира); в частности, отражения объекта-индивидуума или системы объектов материального мира;
- Символьные и логические модели теории ПдО;
- Материальных ПдО, включающие законы взаимодействий МО;
- Информационных ПдО, например, теория категорий (свойств отношений между ММО, не зависящие от внутренней структуры объектов [Голдблатт, 1983]).
- Установившиеся языки математики (Язык логики, алгебры, другие формальные языки);
- Характерные отражения R- и I-мира – отношения и формальные теоретические модели статики и динамики системы R- и I-объектов в виде одноместных (образы), двуместных (ER-модели), трехместных (функции) и многоместных (информационные модели) предикатов;
- Сконструированные информационные миры, гипотезы;
- Задачи и характерные решения задач актуальных ПдО;
- Методы и результаты решения задач, доказательств, правдоподобных высказываний соответствующих ПдО; методы автоматизации решения задач;
- Характерные структуры, например, порождающие математические структуры Бурбаки - Алгебраические структуры; Топологические структуры; Структуры порядка.

Отметим, поскольку процесс отражения имеет место при формировании понятий и естественных и гуманитарных наук, то математика и гуманитарные науки могут составлять формальную и неформальную части верхнего этажа здания науки. Применительно к взаимосвязям наук информатика может претендовать на роль и рассматриваться как связующее звено объектов природы и языков естественных и гуманитарных наук. В кибернетике задачи информатики

---

---

(формирования, транспортировки, обработки и реализации информации) дополнены задачами управления как информационными, так материальными процессами. В ИИ эти задачи дополнены средствами автоматизации мыслительной деятельности и привлечением к решению задач баз знаний.

Факт наличия двух отличающихся парадигм и сущностей математики „ментальная и машинная” позволяет отдельно прогнозировать направление развития их прикладных моделей и степень близости машинной и ментальной моделей. Согласно известному тезису Гладуна В.П. „Информационные модели сущностей реального мира должны быть общими для человека и компьютера” [Гладун, 2000].

---

### **Заключение**

На основе анализа взаимодействий материальных объектов и сенсоров ИМ развито представление формируемого слоя исходных отражений материальных объектов как *информационной субстанции* (основы последующего формирования иерархии ИО). Исходя из материально-информационного представления предметной области предложены картины мира в виде: А) некоторой топологической структуры категорий верхнего уровня; Б) глобальной материально-информационной системы. Рассмотрены особенности взаимодействий материального, информационного и математического миров.

Применительно к жизненному циклу ИО объекта введены понятия, определяющие его онтологический статус: информационное поле объекта-прототипа, область образа-изображения в информационном поле, исходные данные, обработанные данные, реализованные данные. Введено обобщающее понятие: ИО - сущность, отвлеченная от стадии жизненного цикла отражения. Представление формирования исходных ИО, как результата эмиссии носителей в информационное поле, либо как результата деятельности человека, позволяет информатику как науку связать по входам с материальным миром и человеком, а с другой стороны с математикой и естественными науками. Показано, что часть функций современной математики – отражение объектов, взаимодействий и решение ситуационных задач берет на себя информатика. Однако наиболее общие методы реализации этих функций, абстрактное представление всегда останутся за фундаментальной наукой „математика”.

На основе информационного и системного подходов предложены принципы построения и связи компонент *архитектуры* современной информатики и математики:

- Базовой основой информатики является исходная информационная субстанция в виде простейших *икселей-отражений*, на основе которых выделяются исходные и синтезируются и систематизируются вторичные ИО;
- *Математические объекты (ММО)* — абстрактные объекты, определенные именем и текстом, - частный случай ИО, созданных человеком;
- *Машинное моделирование и проектирование* – важнейшие компоненты деятельности человека. Входными объектами этого творческого процесса являются как ИО, так и ММО; в зависимости от соотношения этих объектов и сути процесса эти архитектурные компоненты могут быть отнесены как миру информатики, так и прикладной мировой математики.

Выделены и определены парадигмы математики, отличающиеся источником порождения и сущностями ММО – *ментальная* и *машинная*.

- *Машинная математика* - наука о ММО, разработанными творцами ИМ при выборе форм и механизмов формирования ИО в процессе совершенствования структур ИМ, наука о машинных моделях отражений реального мира и машинном решении задач с помощью ИМ;
- *Ментальная математика* - наука о ММО, как результатах ментальной и практической деятельности человека, свойствах построенных из них структур, отношениях между ними и методах решения теоретических и прикладных задач.

---

### **Благодарности**

The paper is published with financial support by the project ITHEA XXI of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA ([www.ithea.org](http://www.ithea.org)) and the Association of Developers and Users of Intelligent Systems ADUIS Ukraine ([www.aduis.com.ua](http://www.aduis.com.ua)).

---

### **Литература**

[Lozovski, 2003] V. Lozovski. Towards the Semiotics of Noosphere/ International Journal "Information Theories & Applications Vol.10, pp. 29-36.

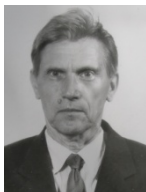
- 
- [Андон, 1999] Андон П.И., Яшунін О.Є., Резніченко В.А. Логічні моделі інтелектуальних інформаційних систем. Київ, Наукова думка, 1999, р. 396
- [БСЭ, 1977] Основания математики <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/117147/>
- [Бурбаки, 1950] Н. Бурбаки. Архитектура Математики / <http://lib.co.ua/science/burbakinikola/arhitecturamatematiki.jsp>
- [Валькман, 1997] Валькман Ю.Р. Прикладная семиотика в исследовательском проектировании: исчисление обликов сложных изделий. Международный журнал Программные продукты и системы Выпуск журнала № 2 за 1997 год. [24.06.1997]
- [Википедия, 2015] Классификация средств компьютерной математики <http://neudoff.net/info/matematika/klassifikaciya-sredstv-kompyuternoj-matematiki/>
- [Вышинский, 2013] В.А. Вышинский. Об одном направлении в развитии фундаментального понятия информации. В.М. Глушкова Міжнародна конференція „Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку”. Україна, Київ 12–13 вересня 2013 р. с.173-175.
- [Гладун, 2000] В.П. Гладун. Партнерство с компьютером. “Port-Royal”, Киев -2000. [http://www.aduis.com.ua/books/Gladun Partnership with computers.pdf](http://www.aduis.com.ua/books/Gladun%20Partnership%20with%20computers.pdf)
- [Глушков, 1987] Логическое проектирование дискретных устройств /Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Мищенко А.Т.- Киев:Наукова думка, 1987.- 264с.
- [Голдблатт, 1983] Р.Голдблатт. Топосы. Категорийный анализ логики: Пер. с англ.- М.: Мир, 1983. – 488 с.
- [Деркач, 1974] Электроннозондовые устройства. Изд. Наукова думка, Киев, 1974, 268 с.
- [Деркач, 1986] Изобретение СССР. Деркач В.П., Мерзвинский А.А., Панчук В.И. Устройство для решения системы линейных уравнений. Авт. свидетельство №1405073, 1986 г.
- [Дмитриев, 1989] В.И. Дмитриев, Прикладная теория информации <http://www.bourabai.kz/tpoi/inform/applied01.htm>
- [Зверев, 2004] Г.Н. Зверев Теоретическая информатика в основаниях математики и логики// Вестник УГАТУ – 2004.
- [Зверев, 2007] Зверев Г.Н Теоретическая информатика и ее основания. М ФИЗМАТЛИТ, 2007 - 592 с - ISBN 978-5-9221-0925-3
- [Информатика, 2015] Информатика. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Информатика>
- [Куликовский, 1997] Куликовский Л.Ф., Мотов В.В. Теоретические основы информационных процессов. Учебное пособие для вузов-М.:Выш. Шк.,
- [Левич, 2009] Е. М. Левич Математическое моделирование и компьютерная математика. Иерусалим, 2009, 309 стр.

- [Липенков, 2008] Липенков. А. Д. Информатика и компьютерная математика, 2008, [http://uchu2008.narod.ru/razdely/informatika/inform\\_lectures/soderganie/temy.html](http://uchu2008.narod.ru/razdely/informatika/inform_lectures/soderganie/temy.html)
- [Марков, 2014] К. Markov. Energy Versus Information. Proceeding of the XX-th International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" 2014, pp. 122-125
- [Мержвинский, 1977] Изобретение СССР Устройство для контроля сумматора. Я.М.Лихтер, А.А.Мержвинский, Д.Я. Стоенко. Авт.свид. № 551646 Б.И.№11, 1977 г
- [Мержвинский, 1996] Мержвинский А.А., Осинский В.И. Коржинский Ф.И Структура комплекса задач управления электронно-литографическим процессом и современные концепции их решения. Сборник материалов 6-й международной крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии", 16-19 сентября 1996 г. стр. 447-451.
- [Мержвинский, 2000] Мержвинский А.А. Особенности развития производства интегральных микросхем в современных условиях, ж. ТКЭА 2000, №2-3 стр. 3-10
- [Мержвинский, 2012] Мержвинский А.А., Мержвинский П.А. От структуры канала связи к знаковой модели мира. Труды Северокавказского филиала московского технического университета связи и информатики, с.225-229.
- [Мержвинский, 2013] Мержвинский А.А. Информационные машины: некоторые категории функций и компонент. International Journal "Information Theories and Applications", Vol.20, Number 1, 2013 p. 75-87
- [Мержвинський, 2009] Мержвинський А. О. Патент Промисловий зразок № 19543 від 12.10.2009 Комплект пристроїв для відображення універсума". Автор: Мержвинський А. О.
- [Молчанов, 1988] Моделирование и проектирование сложных систем.- К.;М76 Выща школа, 1988, - 359 с.
- [Охлопков, 2010] Охлопков Н.М, Математическая модель - ядро современной философии математики Журнал Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова Выпуск № 2 / том 7 / 2010
- [Палагин, 2012] Палагин А.В., С.Л. Крывый, Н.Г.Петренко. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний"/Луганск 2012, с.
- [Редько, 2013] И.В.Редько. Экзистенциальный базис дескриптивных сред. Проблеми програмування. 2008 р., №2-3. Спеціальний випуск. С 15-2.4
- [Родионов, 2001] Родионов В. Г. Место и роль мирового эфира в истинной таблице Д.И. Менделеева <http://www.docme.ru/download/324862#pdf>
- [Турчин, 2000] Турчин В.Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. Изд. 2-е – М.: ЭТС. 368 с.

---

**Информация об авторах**

---



**Мержвинский Анатолий Александрович** – Институт кибернетики им.

В.М.Глушкова НАНУ, 03680 МСП Київ-187, пр-т Академика Глушкова,40, Украина;

e-mail: merjv@mail.ru

*Major Fields of Scientific Research: физико-технологические проблемы кибернетики, микро-оптоэлектроника, биосенсорика*

### **From Reality to the Objects of Computers Science and Mathematics**

**Anatolyi Merzhvynskyi**

**Abstract:** *Focuses on the ability of physical objects to the issuance of some material substrate (photons, electrons, etc.), which provides formation of the real reflections of the external world objects not only in computer's memory, but also in the environment, in all elements of electronically or optical machines parts. Here proposed the concept of elementary material reflections carriers - static and dynamic Ixelles. The initial state of Ixelles shape-images of physical prototype objects are considered as informational substance - the basis of the subsequent formation of information objects hierarchy. Reviewed two mathematics paradigms, differs in origination source and essence of mathematical objects: a mental paradigm, the original concepts, axioms, concepts of which are offered by mathematicians and agreed with the structure of human mind, and the machine paradigm, the original ideas, concepts, methods are inputted by computer science developers based on chosen mechanisms of formation and information objects processing technology.*

**Keywords:** *object, reflection, Ixel, info substance, machine mathematics*

## TABLE OF CONTENTS

### *On Reconstruction of Images*

Souren Alaverdyan .....	103
-------------------------	-----

### *Mathematical Methods for Analysis of Software-Defined Networks*

Tkachova Olena, Issam Saad, Mohammed Jamal Salim .....	111
--	-----

### *Podcasts: A Bridge from E-Learning to M-Learning*

Larisa Savyuk, Oleksiy Voychenko .....	124
--	-----

### *Intellectual Search Engine of Adequate Information in Internet for Creating Databases and Knowledge Bases*

Oleksandr Kuzomin, Bohdan Tkachenko .....	131
---	-----

### *Social Search Engine and Intellectual Database of People*

Oleksandr Kuzomin, Mariia Tkachenko .....	139
---	-----

### *Некоторые методологические подходы к проблеме «понимания понимания» (часть 2)*

Анатолий Крисиллов .....	146
--------------------------	-----

### *От реального мира к объектам информатики и математики*

Анатолий Мержвинский .....	163
----------------------------	-----

Table of contents .....	200
-------------------------	-----