



**Адрес**

199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., 39

**e-mail**

[spiiran@iias.spb.su](mailto:spiiran@iias.spb.su)

**Телефон**

+7 (812) 328 34 11

**Факс**

+7 (812) 328 44 50

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СОЦИО-КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

**Гейда Александр Сергеевич, доктор техн. наук, доцент,**

Доктор технических наук, доцент,

заведующий лабораторией прикладной информатики и проблем информатизации общества

СПб ФИЦ РАН (СПИИРАН). [geida@iias.spb.su](mailto:geida@iias.spb.su)

**Соколов Б. В.** - Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник-руководитель лаборатории СПИИРАН.

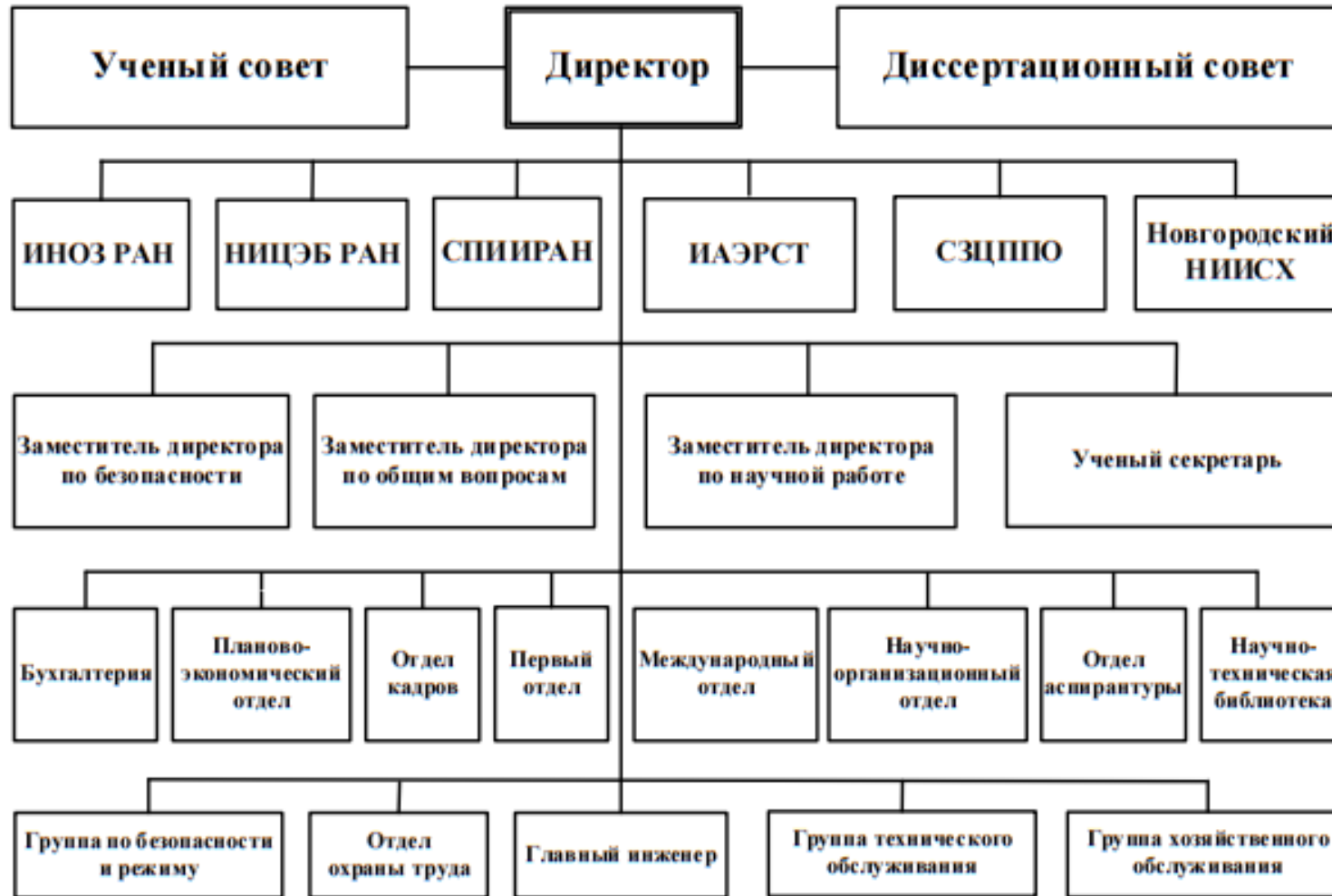
**Юсупов Р. М.** - Доктор технических наук, член-корреспондент РАН, руководитель научного направления СПИИРАН.





**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН)** создано в соответствии с приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1399 от 18 декабря 2019 года и №768 от 08 июля 2020 года (сведения об организации внесены в ЕГРЮЛ Федеральной налоговой службой № 2207803466891 17 июля 2020 года) *путем реорганизации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН)* в форме присоединения к нему: Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Западный научно-исследовательский институт экономики и организации сельского хозяйства» (ФГБНУ СЗНИЭСХ); Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения" (СЗЦППО); Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности Российской академии наук (НИЦЭБ РАН); Федерального государственного бюджетного учреждения науки института озероведения Российской академии наук; Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства" (ФГБНУ «Новгородский НИИСХ»). Согласно Уставу СПб ФИЦ РАН (правопреемник СПИИРАН) создан как Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр Академии наук СССР в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР от 19 декабря 1977 г. № 2643-р и постановлением Президиума Академии наук СССР от 19 января 1978 г. № 194. **Научное и научно-методическое руководство деятельностью** СПб ФИЦ РАН осуществляет РАН.







### Основные научные направления

- Фундаментальные основы информатики, информатизации общества и регионов, создания и развития государственных и мировых интеллектуальных информационных ресурсов, социальных сетей.
- Фундаментальные основы информационной безопасности, кибербезопасности социальных сетевых структур, вычислительных и телекоммуникационных систем; противодействия кибертерроризму.
- Теоретические основы построения технологий анализа и обработки больших данных для решения задач обнаружения закономерностей, машинного обучения, построения моделей оценивания, прогнозирования и принятия решений на конечном множестве альтернатив.
- Фундаментальные основы интеграции и самоорганизации существующих и перспективных государственных и коммерческих информационно-управляющих и телекоммуникационных систем и сетей на различных этапах их жизненного цикла.
- Фундаментальные и технологические основы построения и использования интеллектуальных интегрированных систем поддержки принятия решений и многомодальных пользовательских интерфейсов в человеко-машинных и робототехнических комплексах.
- Фундаментальные основы комплексного моделирования и автоматизации проактивного мониторинга и управления информационными процессами в сложных (инфо-; био-; эко-; когни-; социо-; гео-, авиационно-космических и транспортных) системах.



# Проблема эффективности использования ИТ, ИС, эффектов от инвестиций в ИТ

Мы видим компьютерный век везде, кроме  
статистики производительности...



*Роберт Солоу, 1987 г.*

Solow R.M. We'd Better Watch Out // New York Times Book Review.  
1987



Как исследования промышленного сектора, так и сектора  
услуг (последний в то время  
был потребителем 80% инвестиций в ИТ), не  
выявили положительного влияния ИТ на  
производительность и эффективность компаний.

*Профессор MIT Эрик Бриньолфссон, 1993 г.*

Brynjolfsson E. The Productivity Paradox of Information Technology:  
Review and Assessment // Communications of The ACM – 1993



# Результаты эмпирических исследований Пола Страссманна. Гипотезы.

THE  
INFORMATION  
PARADOX

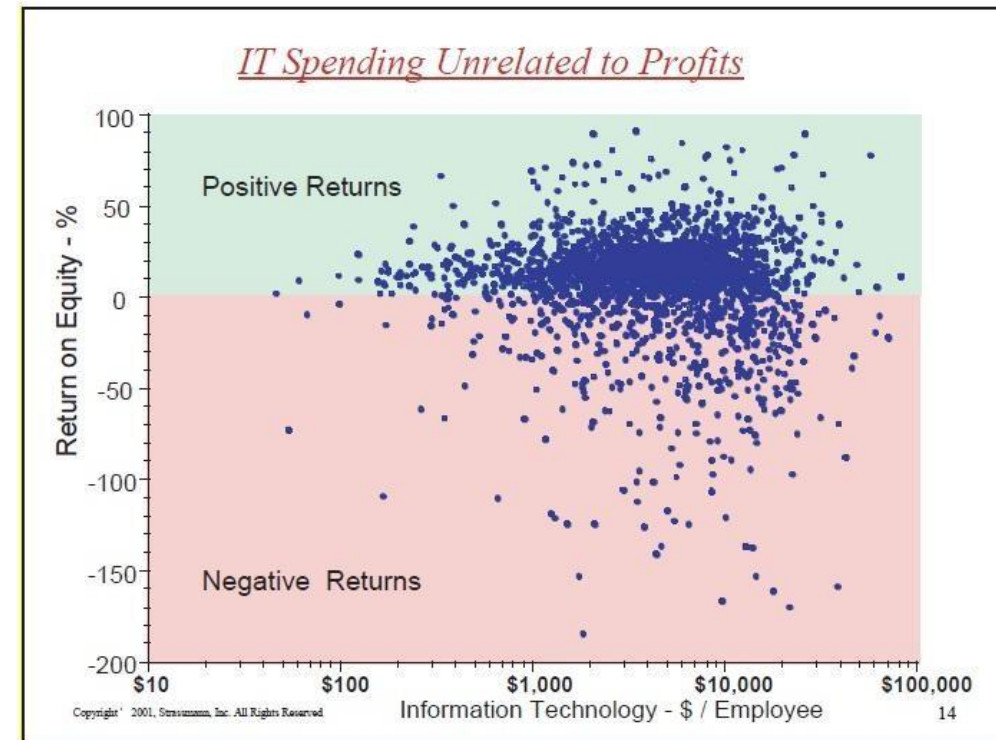
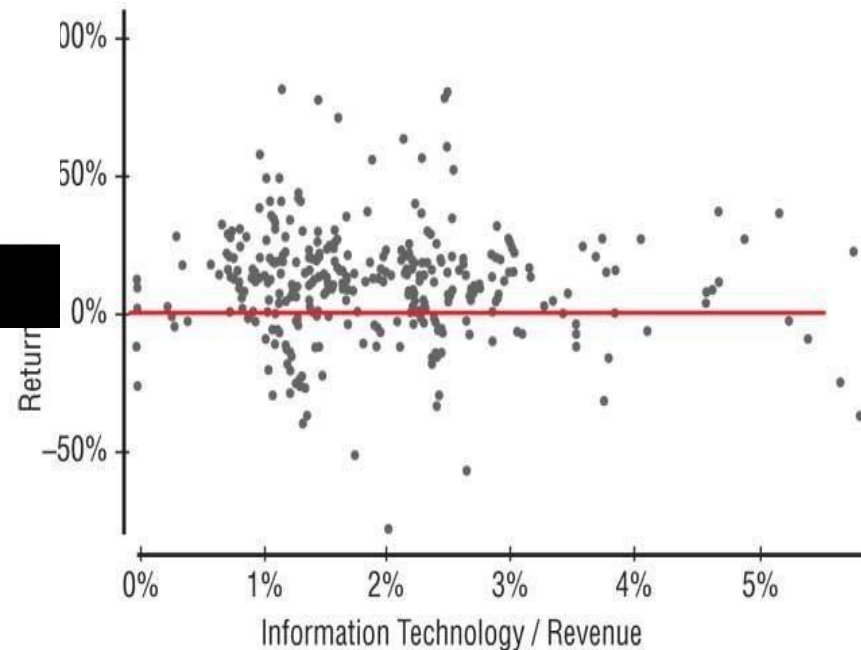


Realizing the Business Benefits  
of Information Technology

FUJITSU CONSULTING  
WITH JOHN THORP



Между затратами на ИТ и любыми измерителями экономической эффективности предприятия (Return on Assets (RoA), Economic Value Add (EVA), Return on Equity (RoE)) корреляция не наблюдается (год в год).



Статья «Реферат работ Пола Страссмана» в №1 2011



# Modern day software revolution problems

“**Solow paradox**, which is the combination of high investments in ICT and at the same time, low growth rates in productivity (Solow, 1987). “What this means is that they, like everyone else, are somewhat embarrassed by the fact that what everyone feels to have been a technological revolution, a drastic change in our productive lives, has been accompanied everywhere, including Japan, by a slowing down of productivity growth, not by a step up. **You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics.**”

Закономерности  
использования  
информации для получения  
результатов деятельности?



CIRCLE  
CENTRE FOR  
INNOVATION RESEARCH

Return of the Solow-paradox in AI?  
AI-adoption and firm productivity

Asta Bäck ([asta.back@vtt.fi](mailto:asta.back@vtt.fi))

VTT, Finland

Arash Hajikhani ([Arash.Hajikhani@vtt.fi](mailto:Arash.Hajikhani@vtt.fi))

VTT, Finland

Angela Jäger ([angela.jaeger@isi.fraunhofer.de](mailto:angela.jaeger@isi.fraunhofer.de))

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Germany

But at the very least, our evidence suggests that the previously-proposed resolutions of the Solow Paradox need to be critically examined, and that proponents of the technological-discontinuity view need to provide more direct evidence of the IT-induced transformation in the US economy. Prior declarations of the death of the Solow Paradox may have been premature.

(Acemoglu et al., *American Economic Review: Papers & Proceedings* 2014, 104(5): 394–399

<http://dx.doi.org/10.1257/aer.104.5.394>

**Abstract:** AI-related technologies have become ubiquitous in many business contexts. However, to date empirical accounts of the productivity effects of AI-adoption by firms are scarce. Using Finnish data on job advertisements between 2013 and 2019, we identify job advertisements referring to AI-related skills. Matching this data to productivity data from ORBIS, we estimate the productivity effects of AI related activities in our sample. Our results indicate that AI-adoption increases productivity, with three important qualifications. Firstly, effects are only observable for large firms with more than 499 employees. Secondly, there is evidence that early adopters did not experience productivity increases. This may be interpreted as technological immaturity. Thirdly, we find evidence of delays of least three years between the adoption of AI and ensuing productivity effects (investment delay effect). We argue that our findings on the technological immaturity and the investment delay effect may help explain the so-called AI-related return of the Solow-paradox: I.e. that **AI is everywhere except in the productivity statistics.**

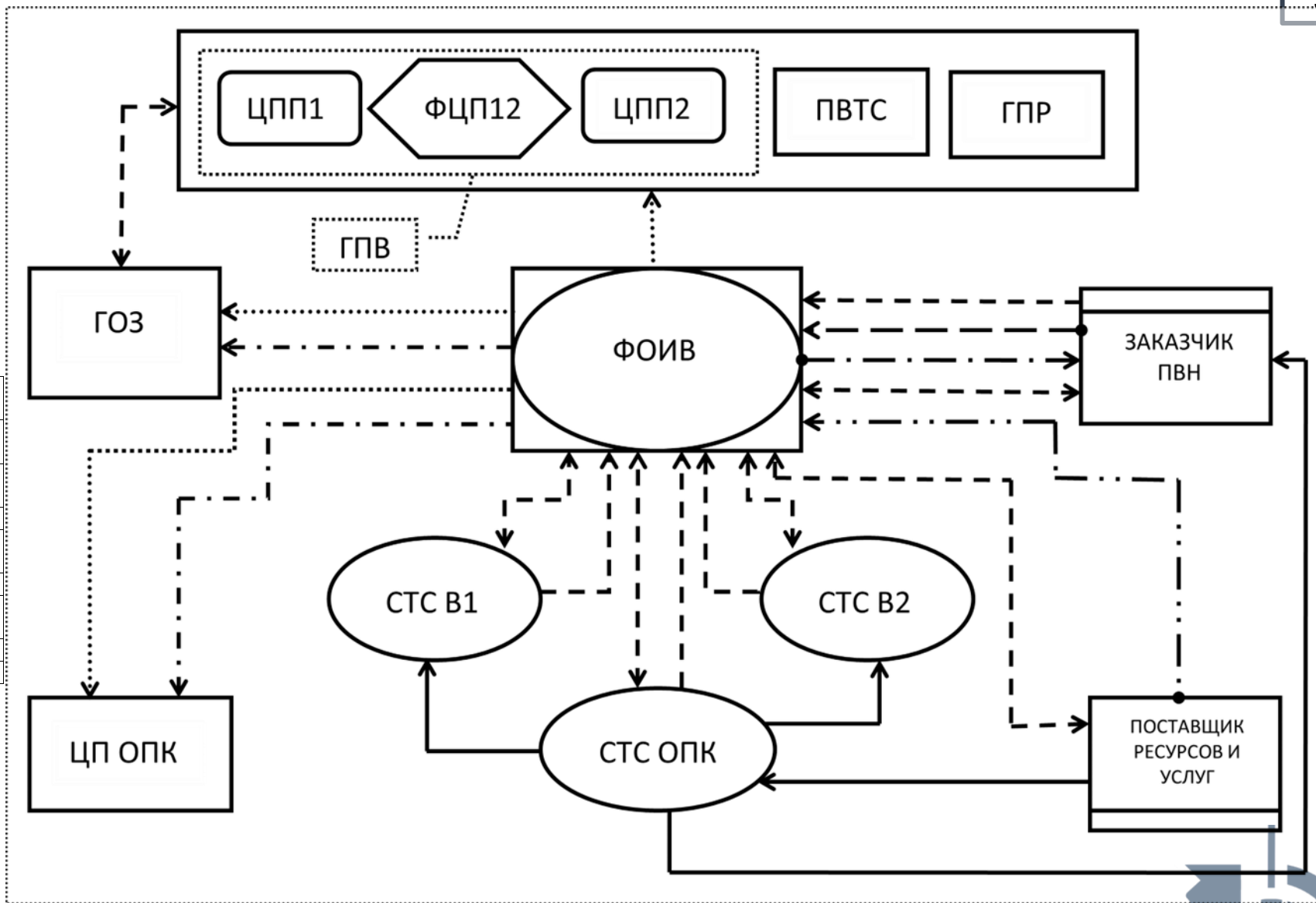
# Проблема исследования концептуальных и математических закономерностей использования информации в деятельности





Таблица 1. Описание стрелок на рисунке

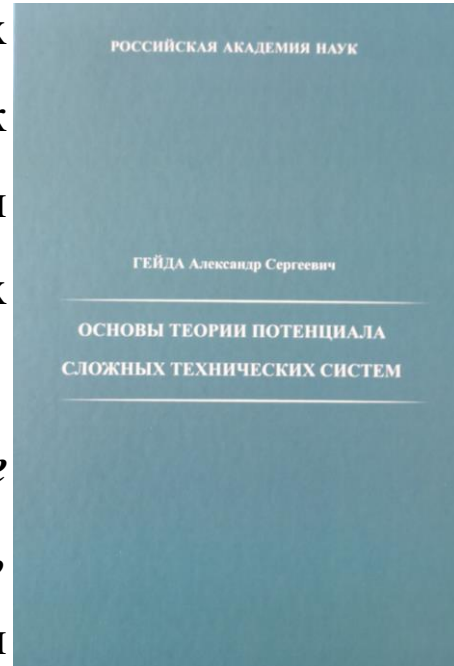
Вид стрелки	Смысл передаваемой связи (отношения)
----->	Подача заявки на включение мероприятий в планы и программы
<----->	Согласование требований и возможности их удовлетворить, доведение итоговых документов
.....->	Разработка планов и программ
----->	Поставка материальных ресурсов (услуг), предусмотренных планами и программами
----->	Поставка финансовых ресурсов из бюджета РФ
•----->	Поставка финансовых ресурсов в бюджет РФ заказчиком ПВН
•----->	Уплата штрафа из бюджета РФ по требованию заказчика ПВН
•----->	Уплата штрафа в бюджет РФ поставщиком ресурсов и услуг

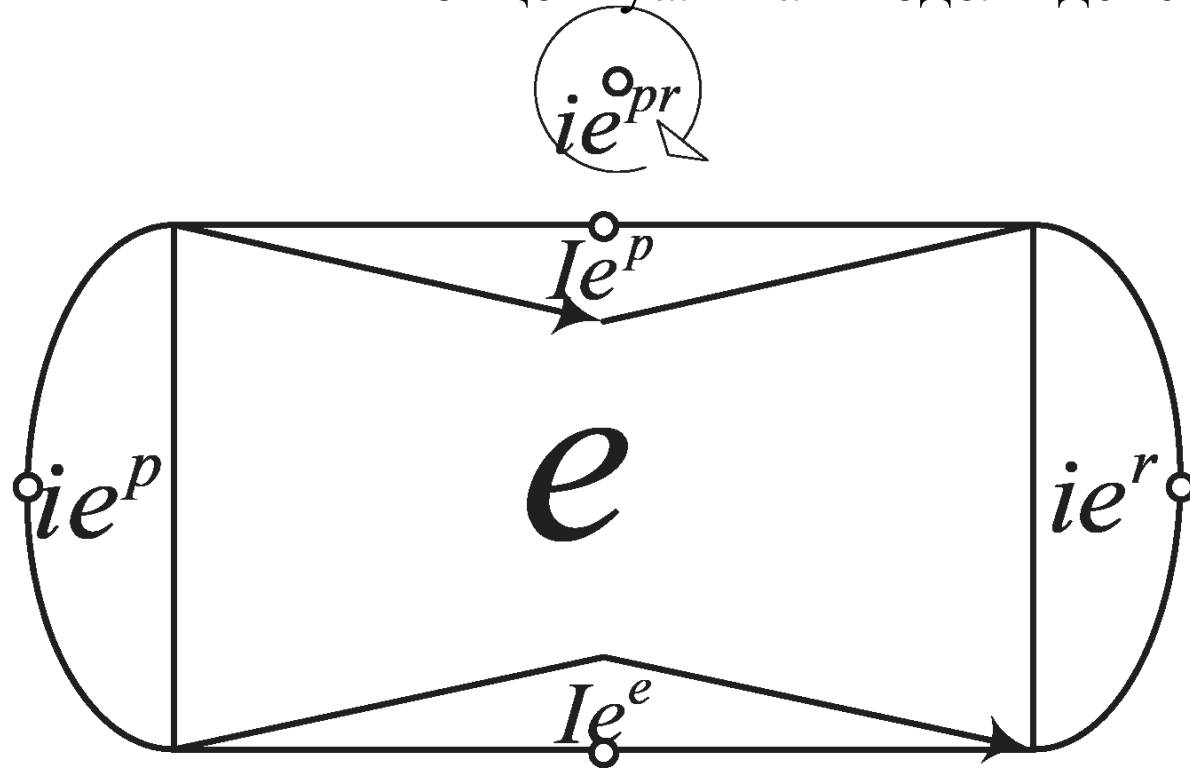


# Концепция, концептуальные и формальные модели использования информации при функционировании систем.

Концепция и модели развивают кибернетическое представление об использовании информации путем описания информационных действий, как необходимых реакций, вызываемых изменениями состояний. Информационные действия представлены, как действия, ведущие к получению информации об альтернировании связанных с ними причинно-следственными связями последующих предметно-преобразующих действий, а также об описаниях возможных результатов действий и о предписаниях по реализации последующих действий.

*Результаты использования информации предложено описывать, как возможные альтернативные последовательности действий и состояний в результате действий, внешних воздействий и реакций на них.* Такие последовательности концептуализированы и схематизированы в виде цепочек действий и состояний с предложенной в статье самоподобной структурой. В качестве моделей самоподобных цепочек состояний и действий предложены коммутативные диаграммы последовательностей действий и состояний и последовательности фрагментов сетей технологических операций и их состояний. Предложен новый формализм семейств альтернативных стохастических сетей операций.





Действия по получению материальных эффектов представлены на схеме прямоугольниками с присоединенными к ним частями, описывающими необходимые действия по процессированию информации:

$ie^p$  – действие процессирования прескриптивной информации ( $Iep$ ) которое может быть реализовано до начала получения материальных эффектов. Этот вид процессирования информации показан как овал в левой части схемы.

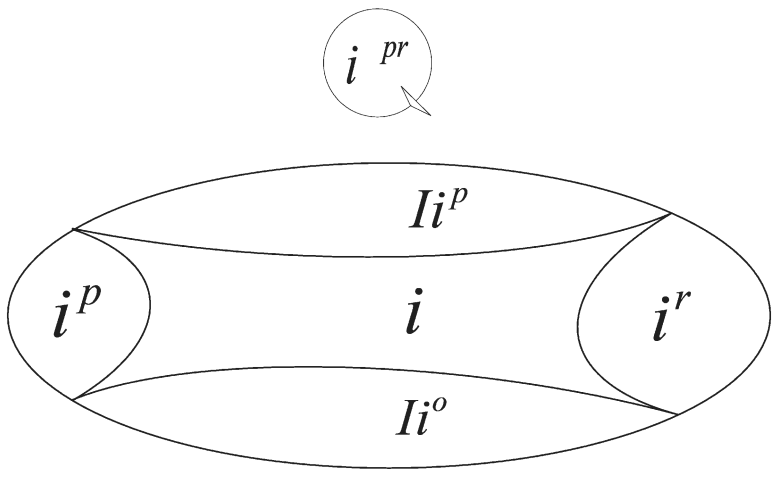
Результаты такого процессирования - прескриптивная информация (полученная, обработанная). Она потребляется при процессировании информации во время получения материальных эффектов. Это потребление показано, как треугольник, направленный в сторону действия по обмену веществом и энергией.

$ie^r$  – действие по мониторингу полученных материальных эффектов и представлению информации ( $Iee$ ) может быть выполнено после получения материальных эффектов. Этот вид процессирования показан, как часть схемы в виде овала справа.

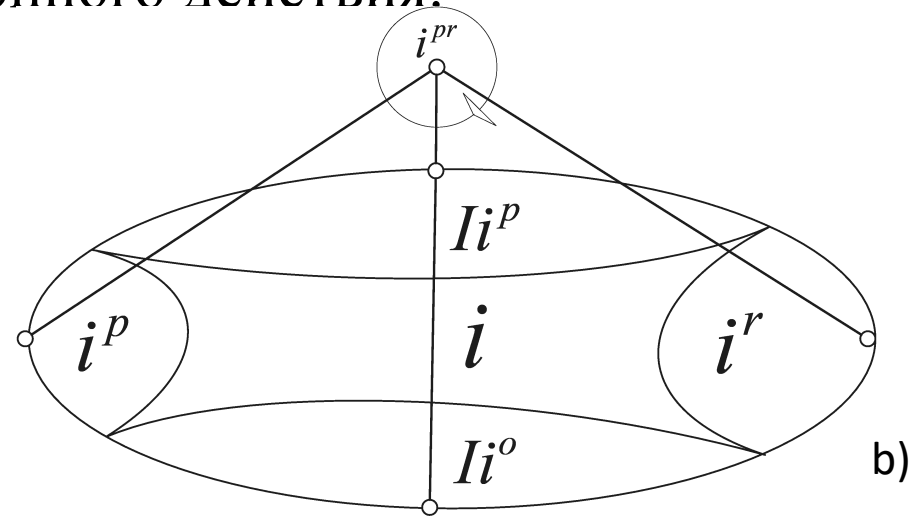
$e$  – действие по получению материальных эффектов, выполняется между процессированием информации в том случае, если необходимо альтернирование.

$ie^{pr}$  – действие по процессированию предиктивной информации ( $Ie^{pr}$ ) о получаемых эффектах действия может реализовываться асинхронно и в любой момент времени, причем как тогда, когда действие по получению материальных эффектов планируется, так и если не планируется. Процессирование информации такого вида показано, как стрелка в виде окружности над действием по получением материальных эффектов. Такое процессирование может быть реализовано с задействованием всех видов информации, рассмотренных ранее, и, возможно, дополнительных видов информации. Если действие новое, то для его успешной реализации необходимо получить информацию о тех аспектах реализации действия, без знания которых действие нецелесообразно. Если такая информация уже известна и получена ранее, то (новое) действие по получению материальных эффектов может быть начато. Если при этом такое действие не может быть изменено при реализации, то какая-то дополнительная информация о ходе действия может не требоваться. Если же действие по получению материальных эффектов может быть изменено после его начала, то обработка информации о действии по получению материальных эффектов может быть все еще необходима и при его выполнении (для возможного альтернирования).

# Концептуальная модель информационного лействия.



a)



b)

Информационное действие определяется, как действие, цель которого -- не получение материальных эффектов, а получение информации, требуемой для выполнения действия по получению материальных эффектов, подобно тому, как показано на рисунке. Информационное действие (ИД) состоит из частей, которые предназначены для процессирования информации того или иного вида и которые реализуют процессирование того или иного вида с использованием тех или иных объектов ИД (например, программ, компьютеров). ИД показано, как овал на Рисунке

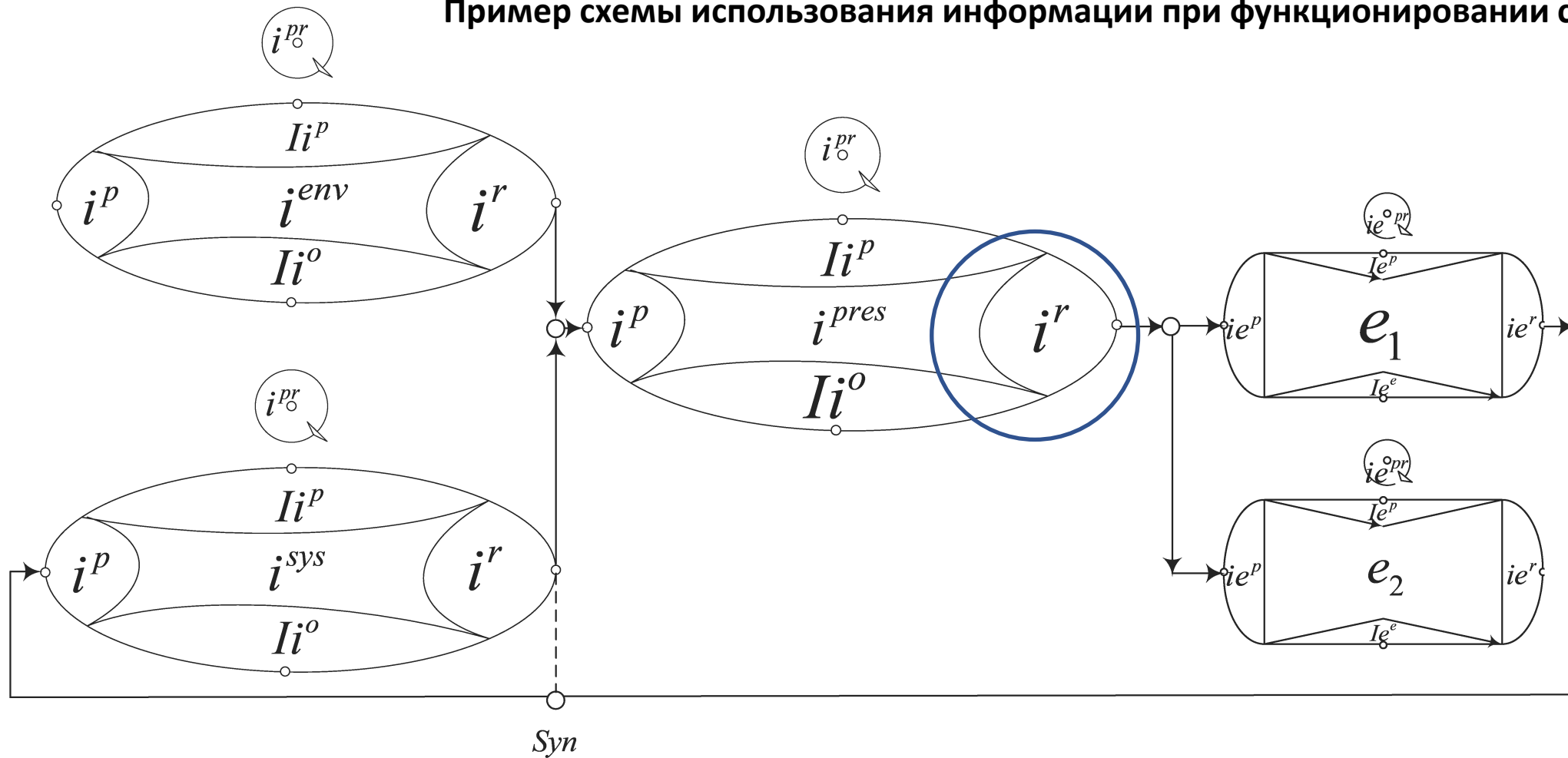
$i$ – моделируемое ИД. Для такого ИД, как и в случае с действием по получению материальных эффектов, используются дескриптивная и прескриптивная информация и соответствующие виды процессирования информации:

$i^p$ – процессирование прескриптивной информации;  $i^r$ – процессирование дескриптивной информации (мониторинг и отчетность по входам и выходам).

Аналогично случаю действия по получению материальных эффектов, процессирование информации более высокого уровня показано, как круговая стрелка. Такая стрелка соответствует процессированию предиктивной информации.  $i^{pr}$  – процессирование предиктивной информации (для получения информации  $Ie^{pr}$  предиктивного вида). Это процессирование может быть реализовано в любой момент времени одновременно или нет с информационным действием. Показано круговой стрелкой над информационным действием.

Такое процессирование может использовать все виды информации, рассмотренные ранее. Результаты такого процессирования могут использоваться любым из рассмотренных информационных действий.

Исследователь может комбинировать информационные действия и действия по получению материальных эффектов в последовательности с использованием концепций портов и синхронизации действий в изменяющихся условиях среды. Порт - это элемент схемы действий, с которым ассоциированы обмен информацией или веществами, энергиями. Такой обмен реализуется между объектами действия внутри и извне порта, причем объекты извне порта соединяются через соответствующий порт других действий.

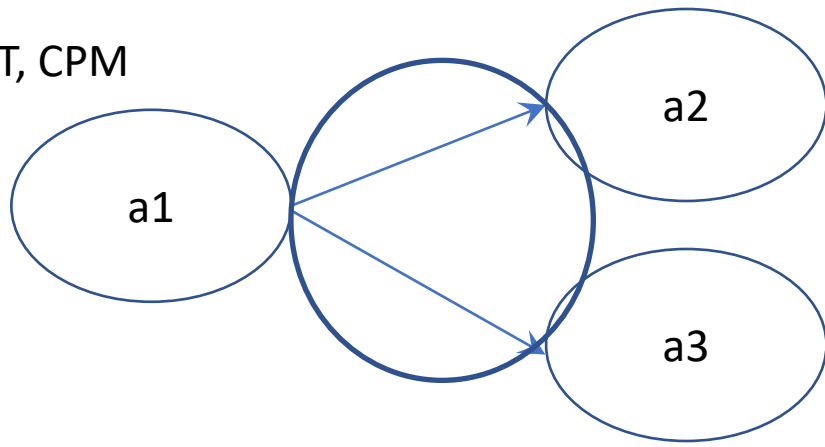


Пример схемы, сконструированной из элементарной для того, чтобы схематизировать одно из возможных применений информации для реализации функционирования системы (деятельности в системе) показан на Рис.

Первые два действия - информационное действие мониторинга событий в среде и информационное действие мониторинга событий в системе. Эти два информационных действия дают результаты, которые могут быть переданы последующему информационному действию, систематически, с синхронизацией во времени с использованием элемента *Syn* диаграммы (например, с использованием циклограммы и поддерживающих такую модель вычислительных устройств).

Результаты передаются информационному действию генерации предписаний по реализации действий. Это информационное действие генерирует прескриптивную информацию для действия по получению материальных эффектов, которое может быть сложным (например, может быть сетью технологических операций).

PERT, CPM



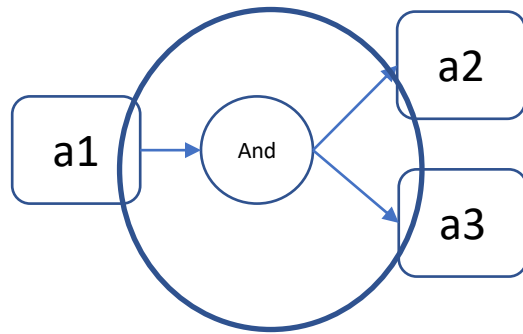
Log-1

00.00.03; a2; u1  
 00.00.03; a3; u1

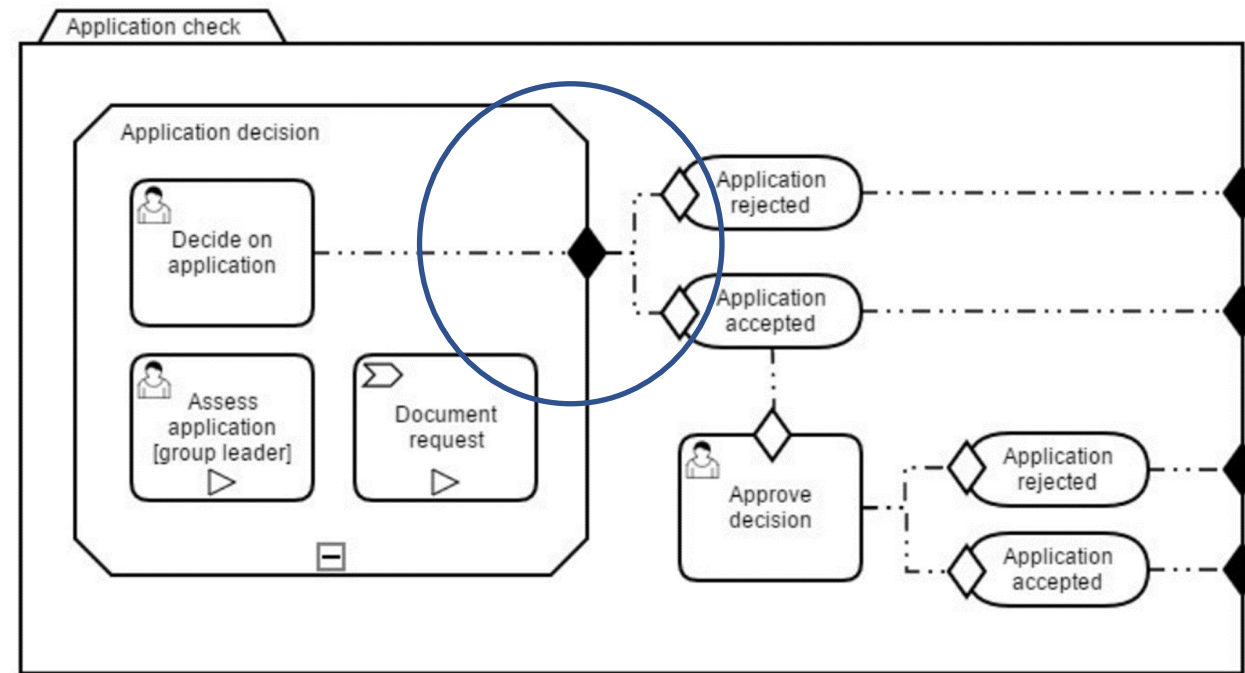
Log-2

00.00.03; a2; inf1; u1  
 00.00.02; inf1; (a1->a2,a3,5); is1

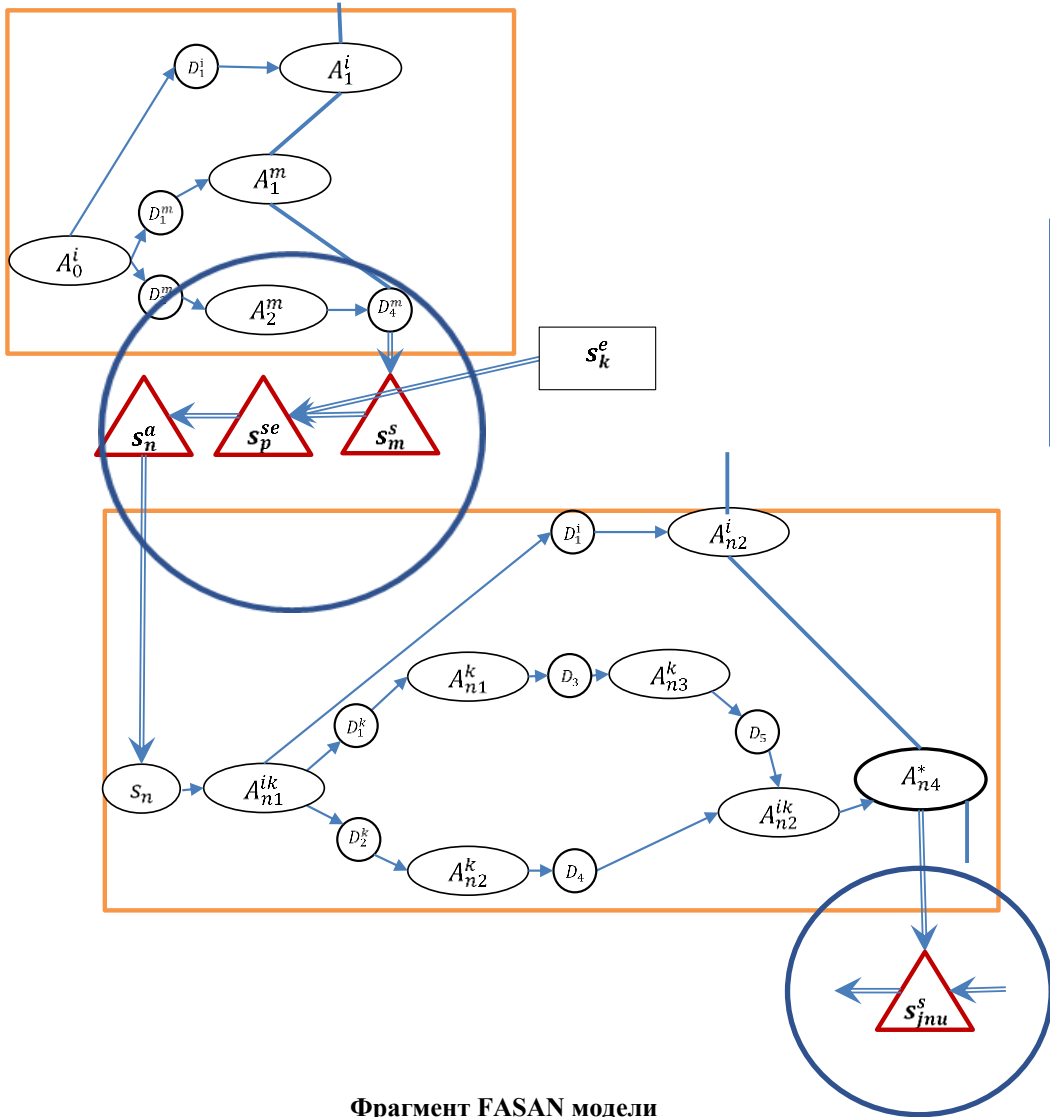
BPPMN



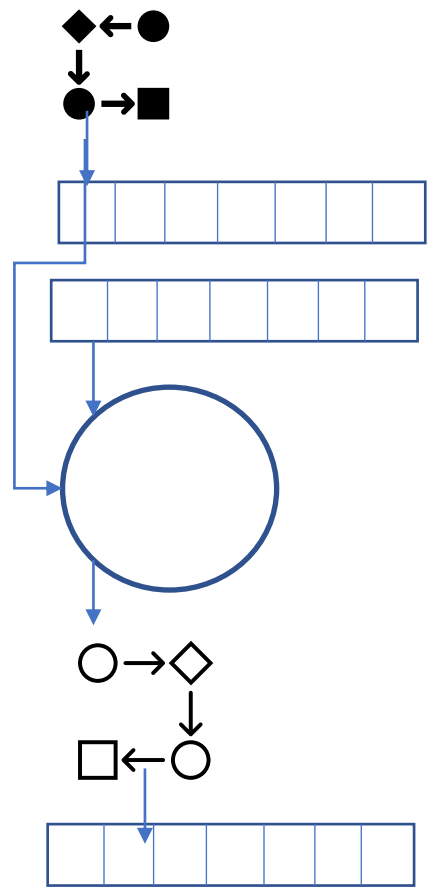
CMMN



# Основы методологии исследования потенциала сложных технических систем: Семейства альтернативных стохастических сетей операций (FASAN). Фрагмент.



Фрагмент FASAN модели



$H = (E, N)$  – гиперграф с гипердугами  $e_s \in E$ , такими, что каждая гипердуга  $e_s$  ассоциирована с рабочим местом  $Wp_p$  и его состоянием.

Каждое действие  $a_i$  в сети  $N_p$  ассоциировано с двумя состояниями: стартовым  $S_n^s$  и финишным  $S_m^f$ .

Каждое состояние  $S_s$  соответствует результату какого-либо действия.

Тем самым, задавшись известным списком операций, ассоциированным с сечением  $c_k(T_m)$ , таким, что операции сечения выполняются в заданный момент  $T_m$ , мы можем рассчитать состояние системы  $S^s(c_k, T_m) = \cup_{c_k} S_s, s \in c_k$  при условии что в момент  $T_m$  выполняются операции сечения  $c_k$ .

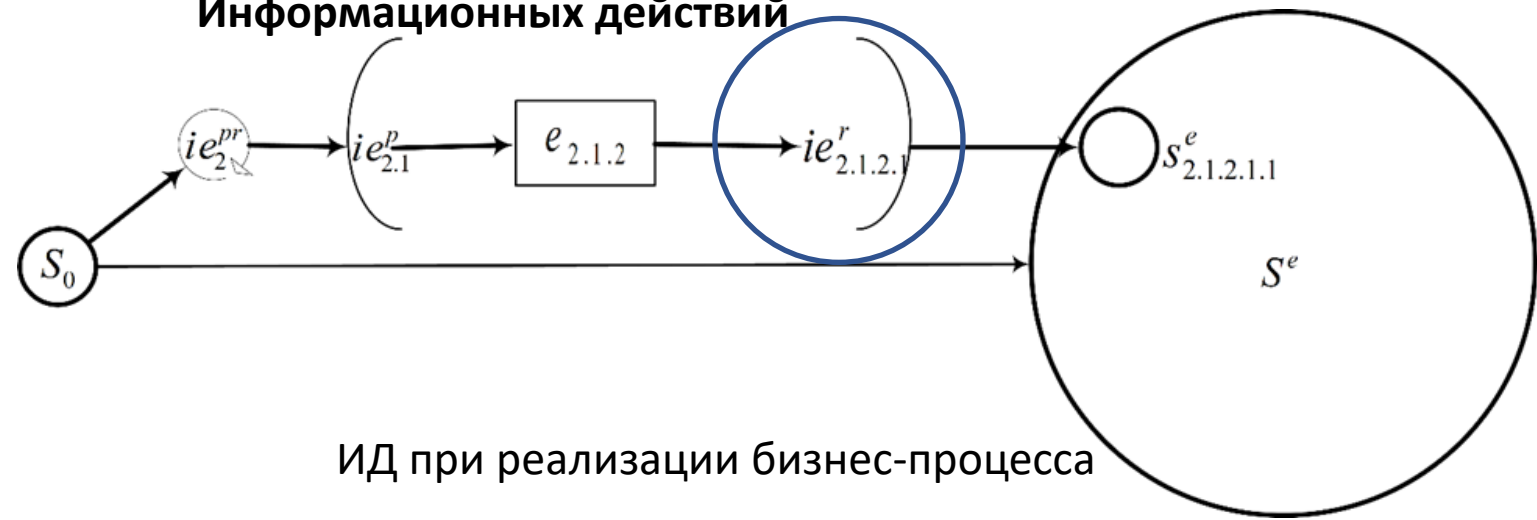
FASAN – множество операций  $A = \{a_i\}, a_i \sim S_s(Wp_p, e_s)$ , ассоциированных с ними состояний  $S_s(Wp_p, e_s)$ , множество сетей  $N_p \subseteq (A_p \in A, E_p \in A_p \times A_p)$  и множество функций на помеченных графах, относящихся к одному из четырех видов:

$f^{NS}: N_p \rightarrow \{S^s(c_k, T_m)\}$  – вид функции, которая отображает сеть во множество возможных состояний  $S^s(c_k, T_m)$  системы, заданных, как комплексы состояний рабочих мест, проявляющихся при условии одновременной (в заданный момент  $T_m$ ) реализации одного из комплексов операций, входящих в сечение  $c_k$  сети  $N_p$ ;

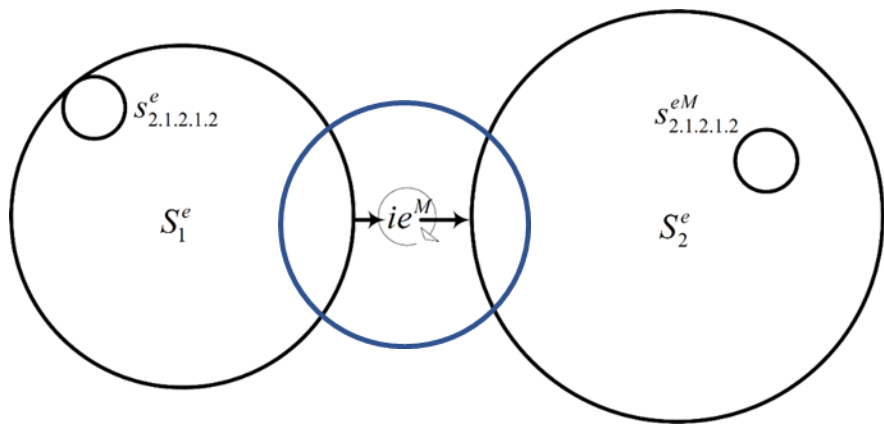
$f^{SS}: (S^s(c_k, T_m), S^e(T_m)) \rightarrow \{S^a(T_m)\}$  – вид функции, которая отображает пары состояний системы  $S^s$  и среды  $S^e$  в состояния  $S^a$  альтернирования функционирования системы;

$f^{SN}: S^a(T_m) \rightarrow \{N_n\}$  – вид функции, которая отображает состояние альтернирования  $S^a(T_m)$  в запланированную к реализации альтернативную сеть  $N_n$  операций.

# Изменение возможных актуализируемых состояний в результате Информационных действий



ИД при реализации бизнес-процесса



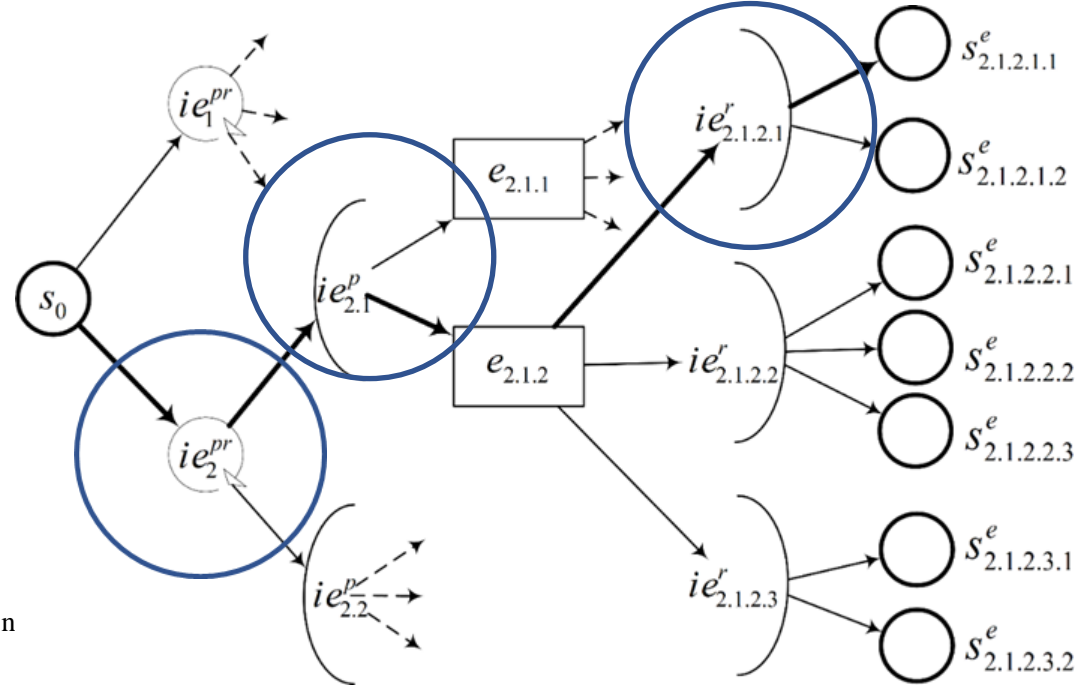
ИД разработки новых способов и технологий действий





Для оценивания показателей качества использования ИТ исследователь должен сгенерировать все возможные последовательности возможных изменений среды и затем, зависящих от них изменений действий систем (реакции действий на изменение среды). Такие последовательности строятся с использованием циклограмм возможных изменений.

Результат моделирования -- последовательности С возможных изменений благодаря информационным действиям, выполняемым разными способами и связанными с ними причинно-следственными отношениями действиями по получению материальных эффектов. Способ действия связан причинно-следственными связями с множествами его характеристик (состояниями), которые определяют возможные пути деятельности во время их реализации.



Каждая последовательность может быть оценена по формуле:

$$\omega(C_n, S) = \langle P(C_n), \Delta(a_n^{jpu}, S), n \in N \rangle \tag{1}$$

где  $P(C_n) = P(a_n^{j*}, S) \dots P(a_n^{jpu}, S)$ ,  $a_n^{jpu}$  = вероятность проявления  $C_n$

Для каждой  $C_n$  сконструирована мера  $\omega(C_n)$ .

Для всех  $n \in N$  строится  $\Omega(S, It)$ .  $It$  – использованная ИТ.

$$\psi(S, It) = \sum_{n=1}^N P(C_n) \cdot \Delta(a_n^{jpu}, S).$$

$$\Phi_1(It_a, It_0) := \psi_1(It_a) - \psi_1(It_0), \text{ or } \Phi_2(It_a, It_0) := \psi_2(It_a) - \psi_2(It_0).$$



# Динамические способности, потенциал системы, проблема результативности информационных технологий и совершенствования цифровизации

Association for Information Systems  
AIS Electronic Library (AISeL)

 **WHITE PAPER**  
Project Management Institute

2017

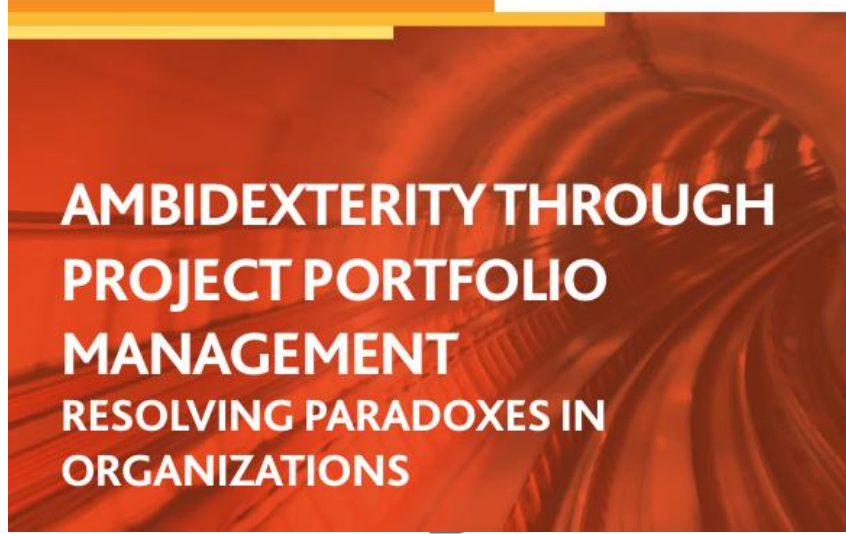
Selected Papers of the IRIS, Issue Nr 9 (2018) Scandinavian (IRIS)

Spring 6-2-2019

## Dynamic Capabilities in Information Systems Research – A Literature Review

Katriina Vartiainen  
University of Tampere, katriina.vartiainen@tuni.fi

Lars Kristian Hansen  
Aarhus University, lkh@mgmt.au.dk



Journal of the Association  
for Information Systems  
**JAIS**

Research Article

**IT Capabilities, Process-Oriented Dynamic Capabilities, and Firm Financial Performance\***

**Gimun Kim**  
Konyang University  
gmkim@konyang.ac.kr

**Bongsik Shin**  
San Diego State University  
bshin@mail.sdsu.edu

**Kyung Kyu Kim**  
Yonsei University  
kyu.kim@yonsei.ac.kr

**Ho Geun Lee**  
Yonsei University  
h.lee@yonsei.ac.kr










**JÖNKÖPING UNIVERSITY**  
*Jönköping International  
Business School*

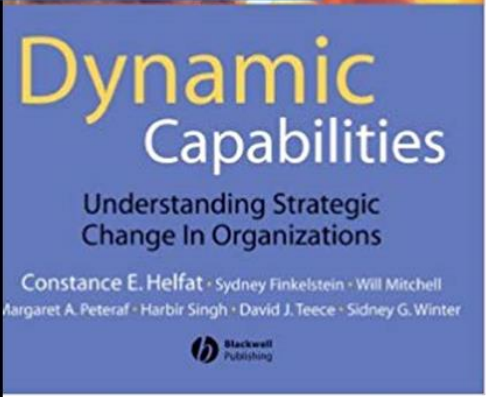
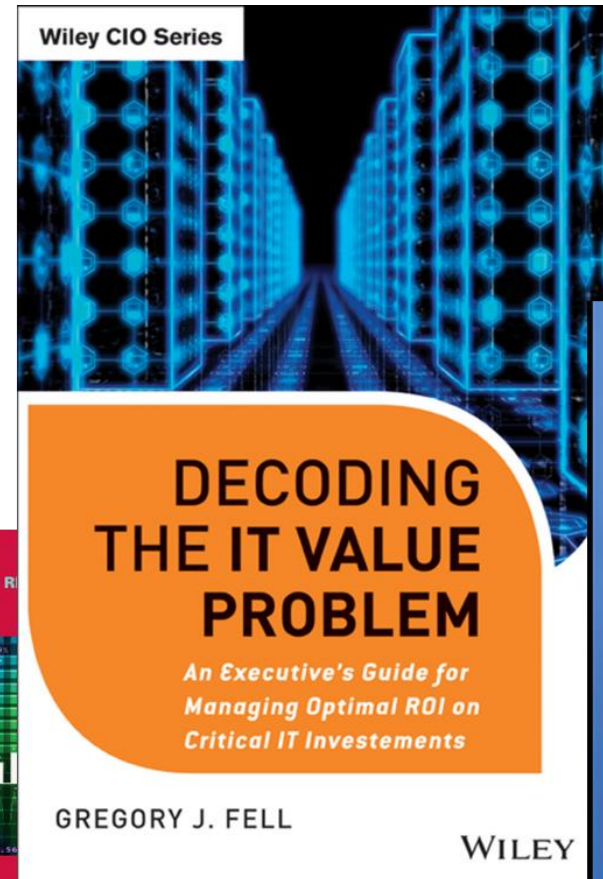
## Digital Transformation: How enterprises build dynamic capabilities for business model innovation

*– A multiple-case study within the logistics and transportation industry.*



# New problems related to system behavior change in volatile environments. (from Managing IT for Innovation Dynamic Capabilities and Competitive Advantage By Mitsuru Kodama, 2021)

- 
**Project-Based Organization in the Knowledge-Based Society**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★★★★ 4.00 avg rating — 1 rating — published 2007 — 3 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Boundary Management: Developing Business Architectures for Innovation**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★★★★ 4.00 avg rating — 1 rating — published 2009 — 6 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Knowledge Integration Dynamics: Developing Strategic Innovation Capability**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★★★★ 4.00 avg rating — 1 rating — published 2011 — 3 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Ma Theory and the Creative Management of Innovation**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★☆☆☆ 2.00 avg rating — 1 rating — 2 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Developing Holistic Leadership: A Source of Business Innovation**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★☆☆☆ 2.00 avg rating — 1 rating  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Collaborative Innovation: Developing Health Support Ecosystems**  
 by Mitsuru Kodama (Editor)  
 ★★★★★ 0.00 avg rating — 0 ratings — published 2015 — 2 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★
- 
**Managing It for Innovation: Dynamic Capabilities and Competitive Advantage**  
 by Mitsuru Kodama  
 ★★★★★ 0.00 avg rating — 0 ratings — 3 editions  
 Want to Read   
 Rate this book ★★★★★





***Спасибо за внимание!***

Гейда Александр Сергеевич,

Доктор технических наук, доцент,  
заведующий лабораторией прикладной информатики и проблем информатизации общества  
СПб ФИЦ РАН (СПИИРАН).

***[geida@ias.spb.su](mailto:geida@ias.spb.su)***