

ПРОЕКТНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯРИЗИРУЮЩЕГО БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА

Светлана Васильевна Прокопчина¹

¹ Доктор технических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия, e-mail: svprokopchina@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ

Ключевые слова:

проектный менеджмент
управление организацией
регуляризирующий байесовский подход

АННОТАЦИЯ

Предложена концепция создания системы управления проектами, основанная на байесовском подходе регуляризации (РБП) и Байесовских интеллектуальных технологиях (БИТ). Приведены схемы, структуры и технологии проектного менеджмента в условиях неопределенности информации и ситуаций на основе РБП. Обсуждаются этапы внедрения систем. Предложена методология РБП/БИТ для создания саморазвивающихся систем управления проектами. Рассматриваются практические примеры.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Прокопчина С.В. Проектный менеджмент в условиях неопределенности на основе регуляризирующего байесовского подхода // Мягкие измерения и вычисления. 2023. № 8. Т. 69. С. 50–68; <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2023.08.004>.

PROJECT MANAGEMENT IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY BASED ON THE REGULARIZING BAYESIAN APPROACH

Svetlana V. Prokopchina¹

¹ Doctor of Technical Sciences, Professor, Financial University under the Government Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: svprokopchina@mail.ru

ARTICLE INFO

Keywords:

Project management
Organization management
Regularizing Bayesian approach

ABSTRACT

The concept for project management system creation based on the Regularizing Bayesian Approach / Bayesian Intelligent Technologies (RBA/BIT) is suggested. The schemes, structures and technologies are given, mathematical expression are formulated. The stages of system implementation are discussed. All issues are given for apriory uncertainly conditions. The methodology RBA/BIT for self-developing BIT-project-management systems creation is described. Practical examples are considered.

FOR CITATION: Prokopchina S.V. (2023) Project management in conditions of uncertainty based on the regularizing bayesian approach. *Soft measurements and computing*, vol. 69, no. 8, pp. 50–68 (In Russ.); <https://doi.org/10.36871/2618-9976.2023.08.004>.

Введение

Под проектом принято понимать любую целенаправленную деятельность в различных сферах хозяйствования, сопровождаемую преобразованием ресурсов проекта в направлении достижения цели.

Любой проект планируется, управляется, организуется и осуществляется в определенном временном интервале T . Поэтому проект представляет собой частный случай процесса, называемого процессом преобразования исходного состояния $G_0^{(0)}$ объекта, системы или ситуации в требуемое по проекту состояние $G_T^{(0)}$. Собственно, сам комплекс преобразовательных мероприятий и является проектом. Обозначая комплекс мероприятий через F_T , цель проекта можно выразить в виде:

$$G_0^{(0)} \xrightarrow{F_T} G_T^{(0)} \quad (1)$$

Спецификой проекта является ряд отличительных свойств [1–3]:

- уникальность и новизна;
- сложность и комплексность структуры;
- ориентированность на цель, результат и достижение успеха;
- ограниченность в ресурсах (временных, трудовых, материальных и др.);
- зависимость от наличия ресурсов;
- ориентированность на конкретный план действий;
- высокая степень зависимости от окружающей среды и внешних ситуаций;
- наличие ответственности за качество;
- ориентированность на клиента и оказание услуг.

В реальной практике всем указанным свойствам присуща информационная неопределенность: неполнота, неточность, нечеткость сведений о них. И чем проект сложнее, тем неопределенность значительнее. Кроме того, при реализации проекта в силу складывающихся внутренних и внешних ситуаций могут сдвигаться сроки проекта, меняться виды ресурсов, исполнители, заказчики, последовательность выполнения этапов проекта и их состав, и даже цели проекта.

Поэтому современные концепции реализации проекта содержат обязательные разделы оценки риска проекта по всем его основным разделам.

Особые требования при этом предъявляются к системе управления проектом, на которую возлагается задача обеспечения выполнения проекта в срок и качественно.

Наличие многочисленных информационных потоков, проходящих через систему управления с присущей им неопределенностью, выдвигает определенные требования к аппарату принятия решений, способному функционировать в подобных условиях. Существующие системы управления проектами в основном ориентированы на четкие концепции и планы проектов и жесткие схемы управления. К ним относятся такие широко известные системы как Microsoft Project 98, Powerproject 4.1, Suretrak 2.0, Primavera Project Planner PD, CS Project Professional, AMS Real time Projects 5.0, Turbo Project 2.0 Professional. Но, как отмечается в критической литературе [1–3], их аппарат не позволяет адаптировать их к условиям неопределенности проектов.

В статье рассматриваются концептуальные аспекты создания системы управления проектом на основе регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и Байесовских Интеллектуальных Технологий (БИТ) на его основе, предназначенных для решения задач в условиях значительной неопределенности. На этой основе рассматриваются решения типовых задач управления проектами, формализация моделей, получение устойчивых оценок, генерация эффективных управленческих решений всех компонентов проекта в условиях неопределенности. Затем предлагается обобщенная алгоритмическая схема для создания информационных технологий системы управления проектом, развивающихся в соответствии с меняющимися ситуациями и компонентами проекта. Детализация приведенного в статье материала, примеры разработанных конкретных технологий и созданных систем управления, а также результаты решения различных прикладных задач

на основе предлагаемой концепции приводятся в работах автора и других литературных источниках, на часть из которых даны ссылки в статье.

1. Постановка задачи проектного менеджмента в условиях значительно неопределенности

Целью системы управления является выработка управленческих решений $\Phi_t = U \varphi_{jt}$, $j=1, J$, (J – число этапов проекта), переводящих систему объекта в требуемые промежуточные (соответствующие этапам проекта) и окончательное состояния $G_t^{(0)}$. В условиях неопределенности информации о состоянии объекта управления и влиянии на него внешней среды в концептуальном плане такая задача является некорректной, что требует регуляризирующих мер для обеспечения устойчивости процессов перехода объекта в запланированные по проекту состояния.

При использовании РБП и БИТ регуляризация решений достигается путем введения системы специальных шкал (шкал с динамическими ограничениями ШДО) для получения устойчивых решений возникающих в проекте задач оценивания, нормирования, контроля, планирования, прогнозирования или выработки управленческих решений.

Свойства объекта проектирования $G_{0t}^{(0)}$ как сложного объекта, могут быть представлены в виде кортежа совокупности свойств $Q_{it}^{(0)}$ и отношений $W_{jt}^{(0)}$ между ними:

$$G_{0t}^{(0)} = \langle \{Q_{it}^{(0)}\}_{i=1, I} \{W_{jt}^{(0)}\}_{j=1, J} \rangle \quad (2)$$

В концепции на основе РБП принято, что они могут изменяться во времени t . Мероприятия F_t , предусмотренные в проекте, представляющие собой воздействия на объект и обеспечивающие целенаправленное преобразование ресурсов Z_t в условиях Y_t сложившихся внутренней и внешней ситуации и инициирующих их управленческих решений Φ_t , можно представить в виде последовательности мероприятий этапов f_t реализуемых в рамках проекта за период T :

$$\begin{aligned} F_t &: \{f_{jt} \mid Z_t; Y_t; \Phi_t\} \\ \text{где } Z_t &= \{z_{it}\}, i=1, I_t, Y_t = \{y_{kt}\}, k=1, K_t, \\ \Phi_t &= \{\varphi_{jt}\}, j=1, J_t \end{aligned} \quad (3)$$

Условия реализации проекта Y_t определяются полнотой априорной информации, наличием ограничений и граничных условий проекта O_t , проектных требований M_t (в том числе и метрологических) и могут быть представлены в виде кортежа:

$$\begin{aligned} Y_t &= \langle A_t; O_t; M_t \rangle \\ \text{где } A_t &= \{a_{it}\}, i=1, I_t, O_t = \{o_{jt}\}, j=1, J_t, \\ M &= \{m_{zt}\}, l=1, L_t \end{aligned} \quad (4)$$

В реальной проектной ситуации из-за имеющейся неопределенности информации и рисков последовательность этапов не может быть жестко определена заранее на этапе первоначального планирования, но должна корректироваться управляющим объектом в ходе проекта в зависимости от ситуаций. Эта корректировка является закономерной для таких проектных условий и должна быть предусмотрена заранее в самой концепции и механизмах управления, равно как и корректировка длительности, нача-

ла и окончания этапов проекта. Рассмотрим подробнее, как эти требования отражаются и реализуются в концепции управления проектами на основе РБП.

Свойства объекта проектирования и его внешнего окружения $G_t^{(E)}$, а также их взаимодействия меняются во времени реализации проекта, поэтому концептуальную модель объекта проектирования, активно взаимодействующего с внешней средой, можно представить в виде:

$$G_t^{(OE)} = G_t^{(0)} * G_t^{(E)} \quad (5)$$

Внешняя среда $G_t^{(E)}$ может быть представлена в виде кортежа ее свойств $Q_t^{(E)}$ и их отношений $W_t^{(E)}$:

$$G_t^{(E)} = \langle \{Q_t^{(E)}\}; \{W_t^{(E)}\} \rangle \quad (6)$$

Внешнюю среду составляют субъекты и объекты G_{it} , $i = 1 \dots I_t$, оказывающие влияние на проект и объект проектирования, а также на систему управления проектом (субъекта управления), что может быть записано в виде композиции (7), где символом * обозначено действие байесовской свертки отдельных элементов G_i в целостную структуру модели внешней среды:

$$G_0^{(E)} = \bigstar_{i=1}^I G_{0i}^{(E_i)} \quad (7)$$

Схематично влияние и компоненты внешней среды проекта представлены на [рис. 1](#).

Условные обозначения, принятые на [рис. 1](#): $G_t^{(E1)}$ – владельцы проекта, $G_t^{(E2)}$ – природная среда, $G_t^{(E3)}$ – экономическое окружение, $G_t^{(E4)}$ – социально-культурное окружение (средства массовой информации, общественность), $G_t^{(E5)}$ – конкуренты проекта, $G_t^{(E6)}$ – субподрядчики (поставщики, консультанты), $G_t^{(E7)}$ – инвесторы, $G_t^{(E8)}$ – партнеры по консорциуму, $G_t^{(E9)}$ – заказчики (клиенты, потребители продукта, пользователи), $G_t^{(E10)}$ – оффшорная команда проекта, $G_t^{(E11)}$ – политическое окружение, $G_t^{(E12)}$ – техническое окружение (существующие системы и технологии).

Условия проектирования для модели объекта проектирования во взаимосвязи с внешней средой могут быть представлены в виде:

$$Y_t^{(0E)} = Y_t^{(0)} * Y_t^{(E)} \quad (8)$$

Модель объекта проектирования с учетом влияния среды имеет вид:

$$G_t^{(0E)} = \{ \{ \bigstar_{i=1}^{I_t} Q_{it}^{(0)} \} * \{ \bigstar_{l=1}^{L_t} \{ \bigstar_{j=1}^{J_t} Q_{ojt}^{(E_l)} \} \} * Y_t \} \quad (9)$$

Для всех, указанных на [рис. 1](#), типов компонентов внешней проектной среды проектируются свои подсистемы управления, взаимоувязанные с основной системой управления гиперкубом единообразно построенных и сопряженных шкал типа шкал с динамическими ограничениями (ШДО).

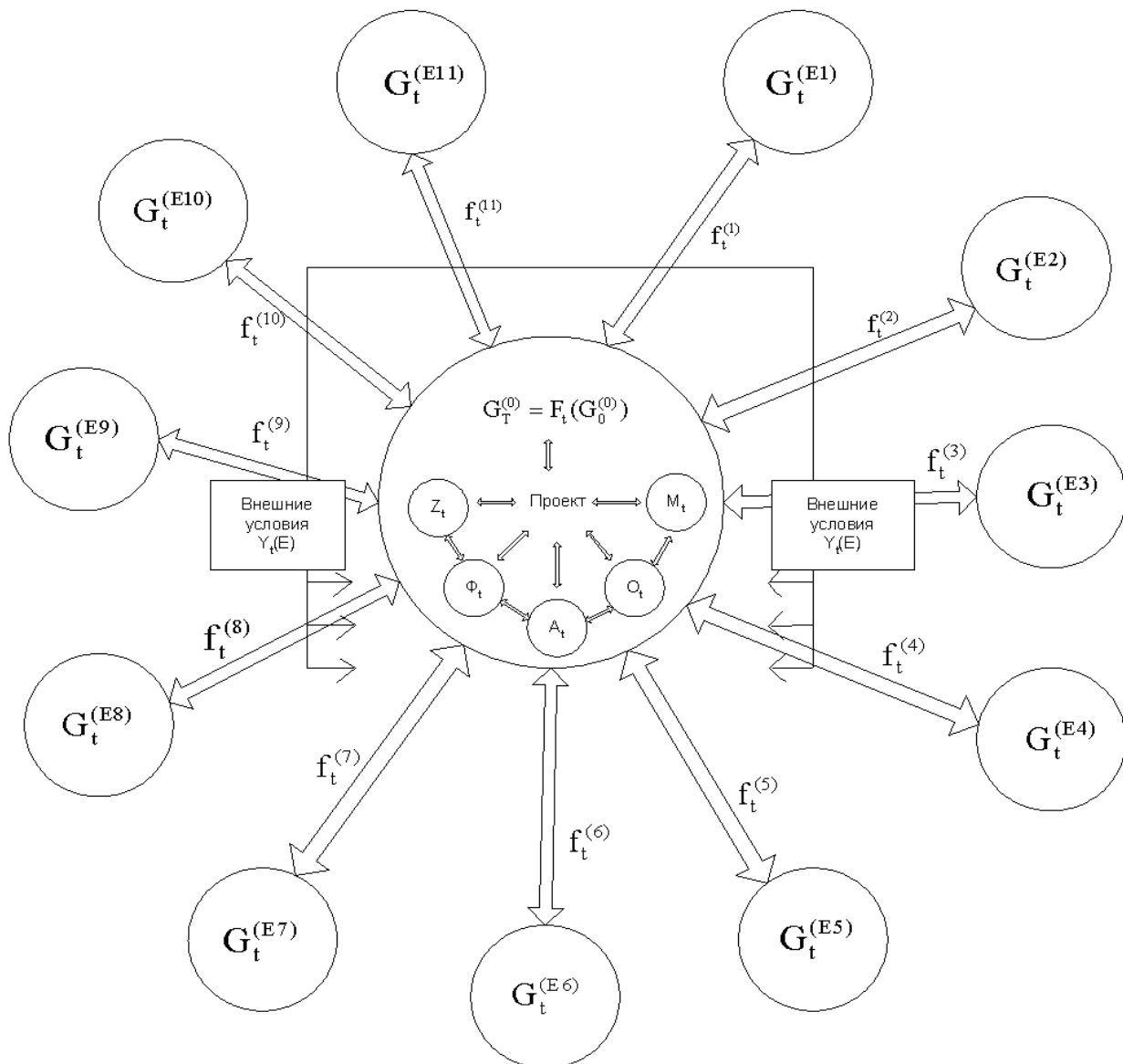


Рис. 1. Схема взаимодействия проекта с внешней средой

Методологические основы построения ШДО и их применения для оценивания, измерений, контроля (аудита) процессов и ситуаций, прогнозирования и генерации управленческих решений подробно рассмотрены в [4–6] и других работах данной научной школы.

В качестве реперов ШДО могут выступать значения, лингвистические выражения, аудиторские или управленческие решения, функции, рекомендации, выводы или другие информационные объекты.

В результате реализации БИТ для указанных выше задач на соответствующих им ШДО получаются решения в виде регуляризированных байесовских оценок (РБО) $\{h_{k_t}^{(Q)} \mid \{MX\}_{k_t}\}$, представляющих собой совокупность возможных альтернатив решений с присущей им, определенной апостериорной вероятностью. Альтернативы определяются в соответствии с оптимизационным уравнением БИТ в виде:

$$\{h_{k_t}^{(Q)} \mid \{MX\}_{k_t}^{(Q)}\} = \{\arg \text{extr } C[\varphi_j(\{X_{it}\} * Y_t^{(OE)} * G_t^{(OE)})]\} \quad (10)$$

где h_k – k -ое регуляризированное значение свойства $Q^{(0)}$ в момент времени t , X_{it} – поступающая информация для генерации управленческих решений от источников информации в соответствии с (7).

Последовательность мероприятий F_t , составляющих проект, может быть представлена в виде взаимоувязанных во времени РБО решений последовательности этапов f_t :

$$\{h_{k_t}^{(F_t)}\} = \bigstar_{j=1}^{J_t} \{h_{k_t}^{(f_{jt})}\} \quad (11)$$

где $k = 1, K_t$, K_t – число альтернативных управляющих решений, $j = 1, J_t$.

Решение о реализации последующего этапа проекта находится в виде списка упорядоченных по вероятности альтернатив как решение уравнения вида:

$$\{h_{k_t}^{(f_{jt})} \mid \{MX\}_{k_t}^{(f_{jt})}\} = \{\arg \text{extr } C[\varphi_{jt}(G_t^{(OE)} * \\ * Z_t * Y_t^{(OE)} * h_{t-1}^{(f_{jt})})]\} \quad (12)$$

2. Методология управления проектами на основе БИТ

Комплекс метрологических характеристик $\{MX\}_{k_t}^{(f_{jt})}$ включает показатели РБО по точности, надежности и апостериорной достоверности [4], которая может быть вычислена по модифицированной в рамках РБП формуле Байеса:

$$P(h_{k_t}^{(f_{jt})} \mid G_t^{(OE)}) = \frac{P^a(h_{k_{t-1}}^{(f_{jt})} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \circ^L P(G_t^{(OE)} \mid h_{k_t}^{(f_{jt})})}{\sum_{j=1}^J P^a(h_{j_{t-1}}^{(f_{jt})} \mid G_{t-1}^{(OE)}) \circ^L P(G_t^{(OE)} \mid h_{j_t}^{(f_{jt})})} \quad (13)$$

Если в качестве отношений ($\circ$) в (13) берется не вероятностная, а другая параметрическая логика, то такие управленческие решения согласно определениям, данным в [5], называются мягкими, а тип управления – "мягким управлением". При реализации управленческих решений по (13) имеется возможность смены параметрических логик в зависимости от целей, приоритетов проекта, а также от индивидуальных характеристик лица, принимающего управленческие решения (ЛПР).

Неопределенности, не позволяющие точно планировать и реализовывать этапы проекта, риски проекта приводят к задержке начала этапов проекта и повышению их длительности.

В концепции РБП начало и окончание проекта, а также длительность этапа рассматриваются как факторы проекта и могут быть оценены в виде РБО:

$$\{h_{k_t}^{(\Delta t)} \mid \{MX\}_{k_t}^{(\Delta t)}\} = \arg \text{extr } C[\varphi_t^{\Delta t}(G_t^{(OE)} * \\ * Y_t^{(OE)}) * h_{t-1}^{(f_{jt})}] \quad (14)$$

Графическая интерпретация РБО начала и окончания этапа, и модифицированная для БИТ диаграмма Ганта представлены на рис. 2, 3.

Проектные работы в укрупненном структурном виде могут быть представлены последовательностью следующих этапов и их РБО:

- построение и согласование концепции проекта, $h_{t_{\text{кон}}}^{(\text{кон})}$;

- разработка технико-экономического обоснования проекта, $h_{t_{TE}}^{(TE)}$;
- согласование и утверждение ТЭО заказчиком проекта (участие в тендере), $h_{t_{TEC}}^{(TEC)}$;
- накопление ресурсов, интеграция информации о состояниях объектов и ситуациях, мониторинг свойств, $h_{t_M}^{(M)}$;
- прогнозирование, $h_{t_{pr}}^{(pr)}$;
- планирование, $h_{t_{pl}}^{(pl)}$;
- организация этапов, $h_{t_{org}}^{(org)}$;
- осуществление этапов, $h_{t_{real}}^{(real)}$;
- контроль ситуаций и состояний объектов, аудит производств, $h_{t_{au}}^{(au)}$;
- генерация управленческих решений по улучшению рабочих процессов $h_{t_d}^{(d)}$;
- корректировка вышеуказанных этапов на основе аналитических оценок и выводов системы управления проектом $h_{t_{cor}}^{(cor)}$;
- при необходимости повторение вышеуказанных пунктов.

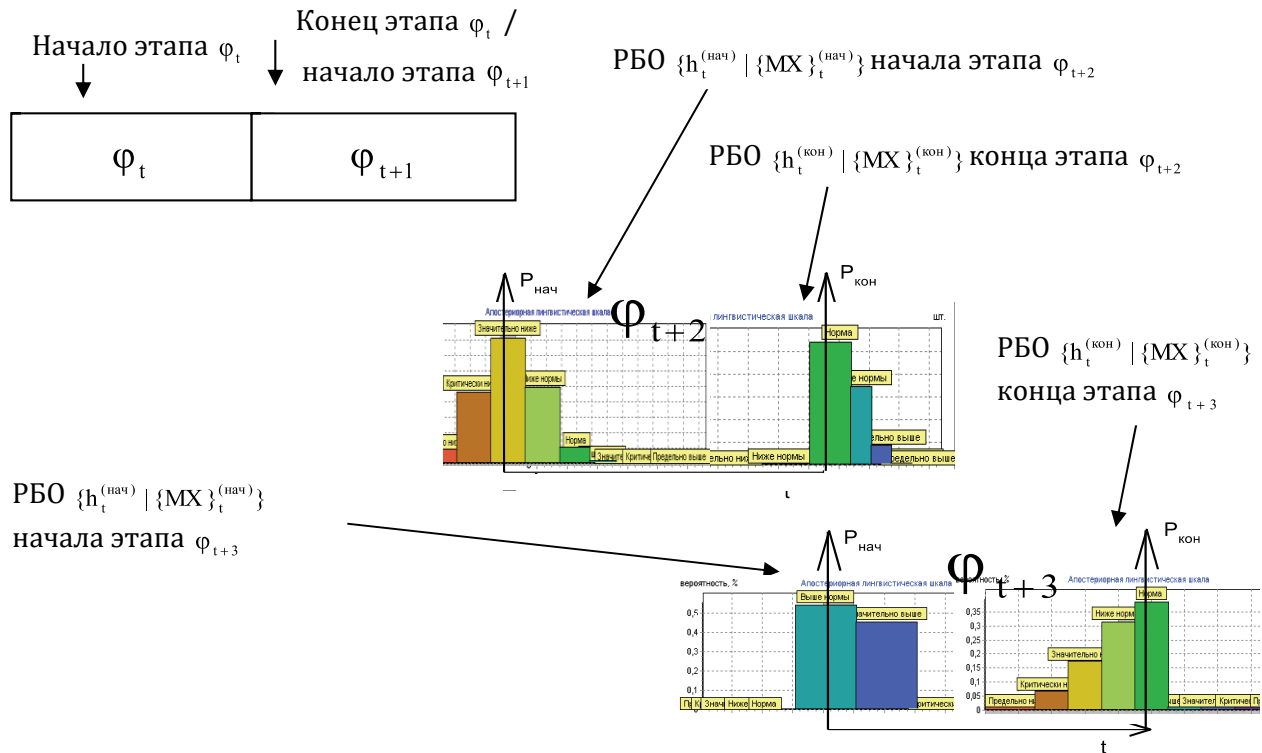


Рис. 2. Иллюстрация РБО-оценивания начала и окончания этапов проекта

В формулах значение индекса времени t , а, следовательно, длительность начала и окончания этапов, определяется (14), (15) в системе управления в соответствии со сложившейся ситуацией.

Управленческие решения для всех указанных этапов формируются на соответствующих ШДО в виде:

$$\begin{aligned}
 h_t^{(f_i)} = & \{h_{t_{cor}}^{(cor)}\} * \{h_{t_d}^{(d)}\} * \{h_{t_{au}}^{(au)}\} * \\
 & * \{h_{t_{real}}^{(real)}\} * \{h_{t_{org}}^{(org)}\} * \{h_{t_{pl}}^{(pl)}\} * \\
 & * \{h_{t_{pr}}^{(pr)}\} * \{h_{t_M}^{(M)}\} * \{h_{t_{TE}}^{(TE)}\} * \{h_{t_{TEC}}^{(TEC)}\}
 \end{aligned} \tag{15}$$

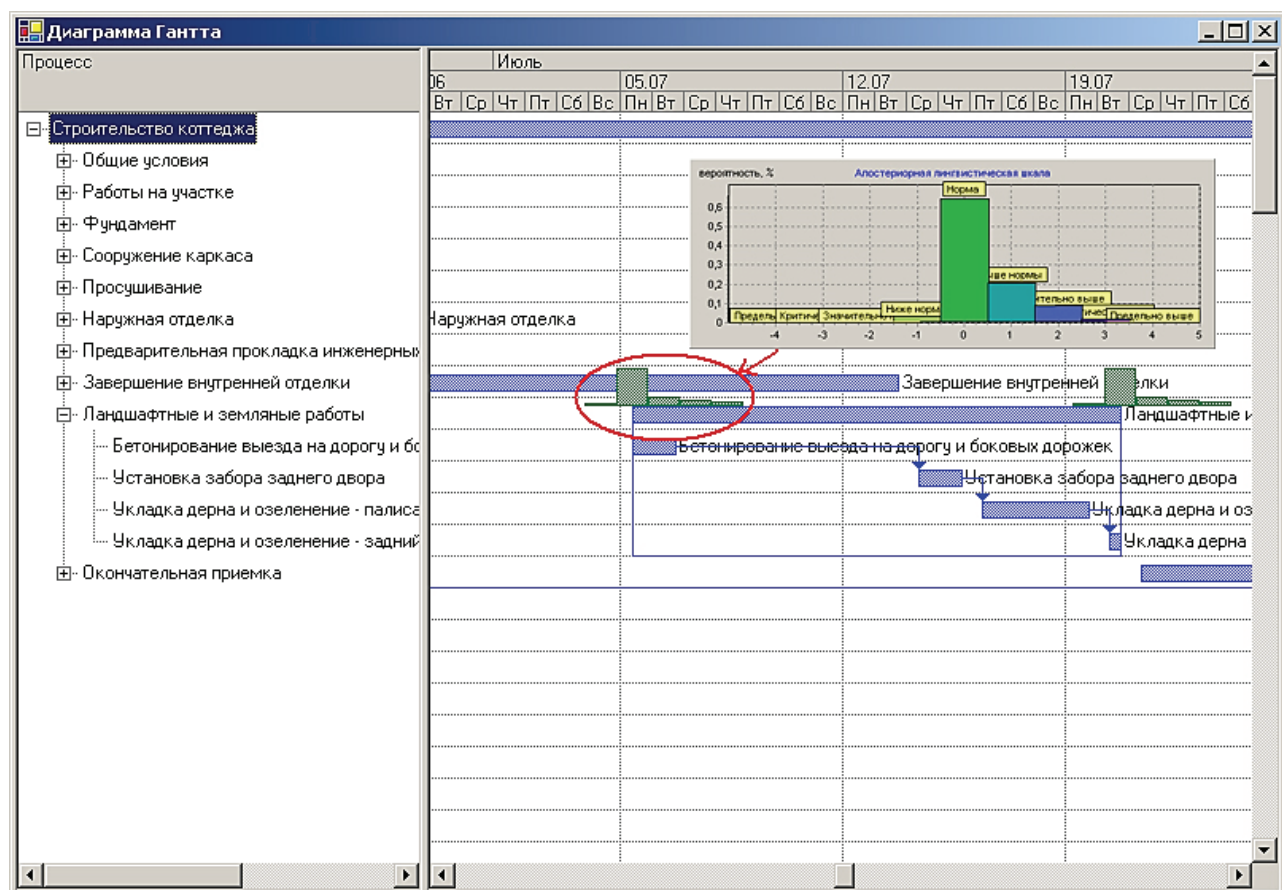


Рис. 3. Экранная форма модифицированной для РБО диаграммы Ганта

В целом управление проектными работами на основе процессного подхода, предусмотренного стандартом серии ISO 9000, отражено в концепции на основе РБП в виде байесовской свертки результатов h последовательности этапов проекта при конкретной реализации сформулированных управленческих решений $\phi_t^{(d)} | h_t^{(d)}$ и соответствующих им воздействий $f_t = \{f_{it}^d | \phi_t^d\}$.

Этот процесс иллюстрируется рис. 4. Если допустить, что все этапы ϕ_i всегда реализуются последовательно во времени, то схематично процесс реализации можно проекта можно отобразить в виде, показанном на рис. 4. Нижняя часть рис. 4 иллюстрирует тот факт, что за время выполнения этапа проекта может измениться за счет неопределенностей не только срок окончания или начала этапа (Δt_{con}), но и свойства объекта проектирования и окружающей среды ($\Delta G_t^{(OE)}$), которые могут повлечь за собой необходимость изменения не только плана, но и моделей и самой концепции проекта. Такие изменения оцениваются, как показано на рисунке, соответствующими РБО, что позволяет контролировать указанные изменения и снизить влияние неопределенности изменений, а также своевременно скорректировать компоненты проекта. Оценка изменений осуществляется на основе БИТ в виде РБО. В таком случае изменение ситуации оценивается в виде РБО сверткой: $\{h_t^{(\Delta G \Delta t)}\} = \{h_t^{(\Delta G)}\} * \{h_t^{(\Delta t)}\}$. Таким образом, изменения внешней среды за время прохождения этапов проекта в условиях неопределенности могут существенно влиять на все параметры и даже конфигурацию проекта. Поэтому точки контроля проекта должны определяться в ходе реализации процесса в соответствии с изменениями на основе оценки (в данной концепции – РБО) внутренних и внешних ситуаций проекта в режиме их мониторинга.

Условия осуществления проекта Y

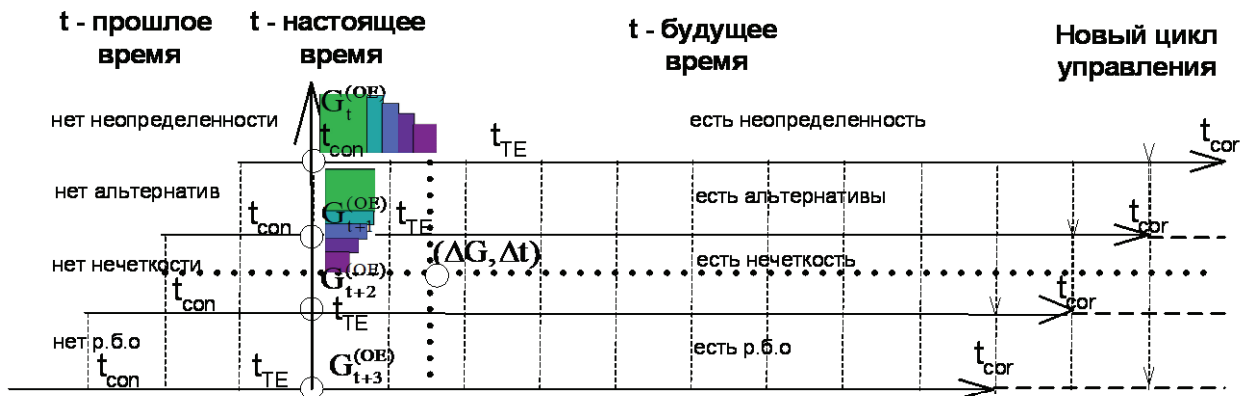
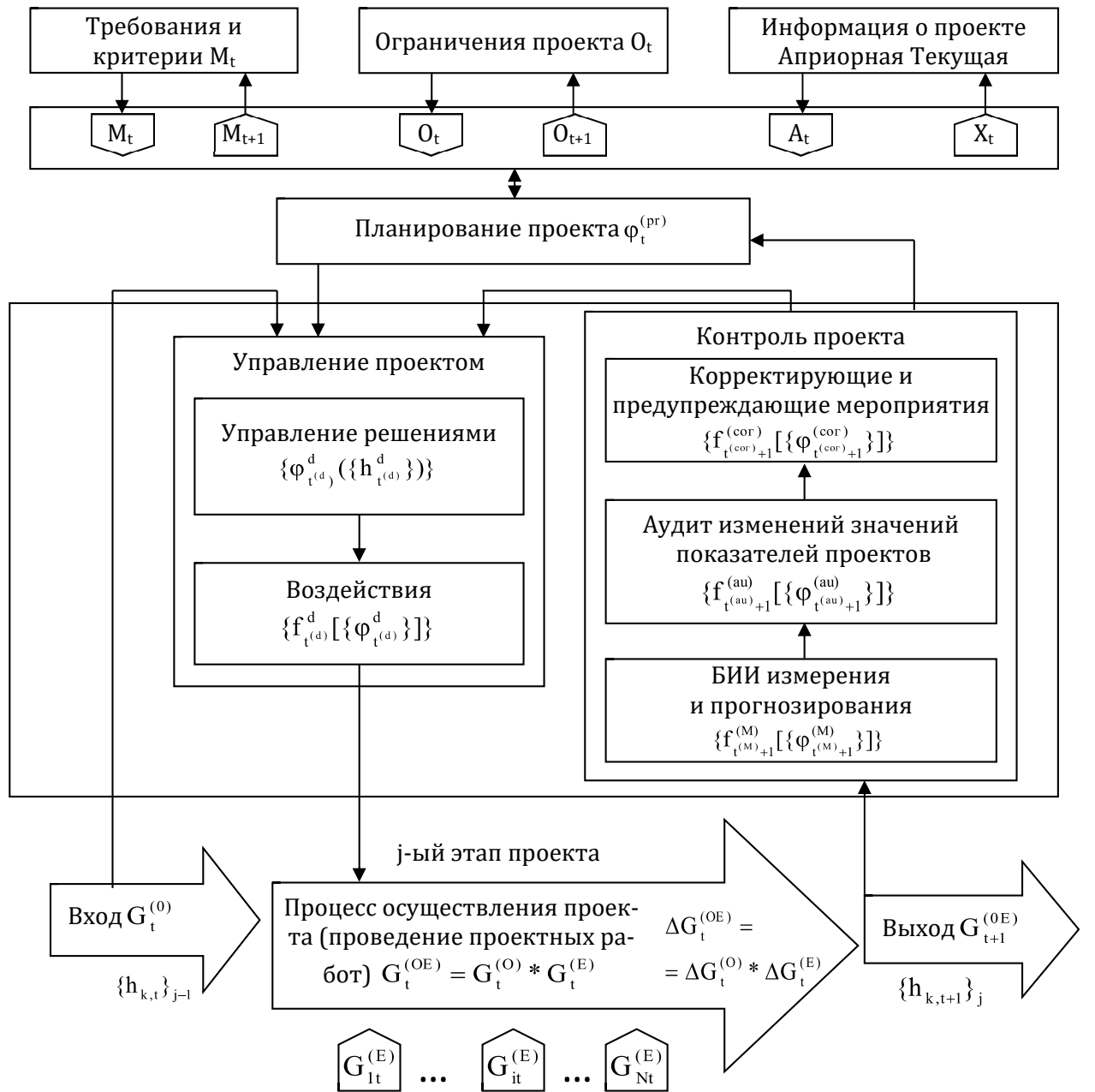


Рис. 4. Схема реализации управления проектом на основе РБП

Управление всеми ресурсами проекта организуется также на основе формализованного представления процессов БИТ (формула 16), оптимизационных уравнений байесовских интеллектуальных измерений, БИТ для контроля, прогнозирования и управления с целью непрерывного улучшения качества управления.

$$\begin{aligned} & \{h_{kt}^{(Z_i)} \mid \{MX\}_t^{(Z_i)}\} = \\ & = \{\arg \text{extr } C[\varphi_t^{Z_i}(G_t^{(OE)} * \\ & * Y_t^{(OE)} * h_{t-1}^{(Z)} * h_{t-1}^{(f_j)})]\} \end{aligned} \quad (16)$$

На рис. 5 иллюстрируются подсистемы управления по направлениям менеджмента проекта, управление в которых производится в рамках концепции на основе РБП в соответствии со схемой рис. 4 и уравнениями (14), (15), (16). Каждая подсистема мониторинга функционирует как комплекс из двух взаимодействующих подсистем в виде:

$$G_t^{(OEM)} = G_t^{(OE)} * G_t^{(ЛПР)} \quad (17)$$

где $G_t^{(OEM)}$ – модель системы объекта проектирования с учетом субъективных свойств руководства проектом, $G_t^{(ЛПР)}$ – система свойств ЛПР, принимающих управленческие решения.

Эта система, с одной стороны, характеризуется особой дополнительной степенью неопределенности, зависящей от личных качеств и интересов ЛПР.

С другой стороны, она является источником новых знаний, ранее не присутствовавших в системе, генерируемых в процессе управления руководством. Это делает особенно важным задачу тренинга управленческого персонала.

Для приема знаний эксперта используется специальный вид лингвистических шкал, что решает задачу регуляризации неопределенности субъективного характера, исходящей от ЛПР.

Рис. 5 иллюстрирует сетевую структуру управления проектом.

Поэтому при сетевой реализации проекта на территории для ЛПР выделяется специальный блок управленческих решений, называемый интеллектуальным рабочим местом для специалиста (ИРМ). ИРМ представляет из себя информационно-аналитическую систему на основе РПБ, реализующего БИТ. ИРМ содержит электронную библиотеку специалиста (базовая платформа Инфоаналитик) [7–15]. В рамках ИРМ можно выработать высокоэффективные решения, реализовать творческий подход их выработке. Знание от ЛПР принимаются на соответствующие ШДО, с помощью которых решается задача регуляризации неопределенности субъективного характера, исходящей от ЛПР.

Средствами ИРМ специалист может проверить сценарии реализации и последствия управленческих решений, сформулировать альтернативы, свернуть в ИРМе (на основе РБП) свои знания и опыт с объективной информацией системы или подсистемы управления проектом.

По терминологии [1] на основе такой схемы организации управления можно реализовать принципы "сетевого мышления" [1–3], передачу и генерацию знаний.

В межрегиональных и особенно в международных проектах составляющая $G_t^{(ЛПР)}$ определяет необходимость менеджмента специфических свойств национальных культур, национальных свойств менталитета ЛПР, мотивации и межличностного общения. Для этого привлекаются и формализуются на основе БИТ социологические, психологические, гуманитарные знания и методики.

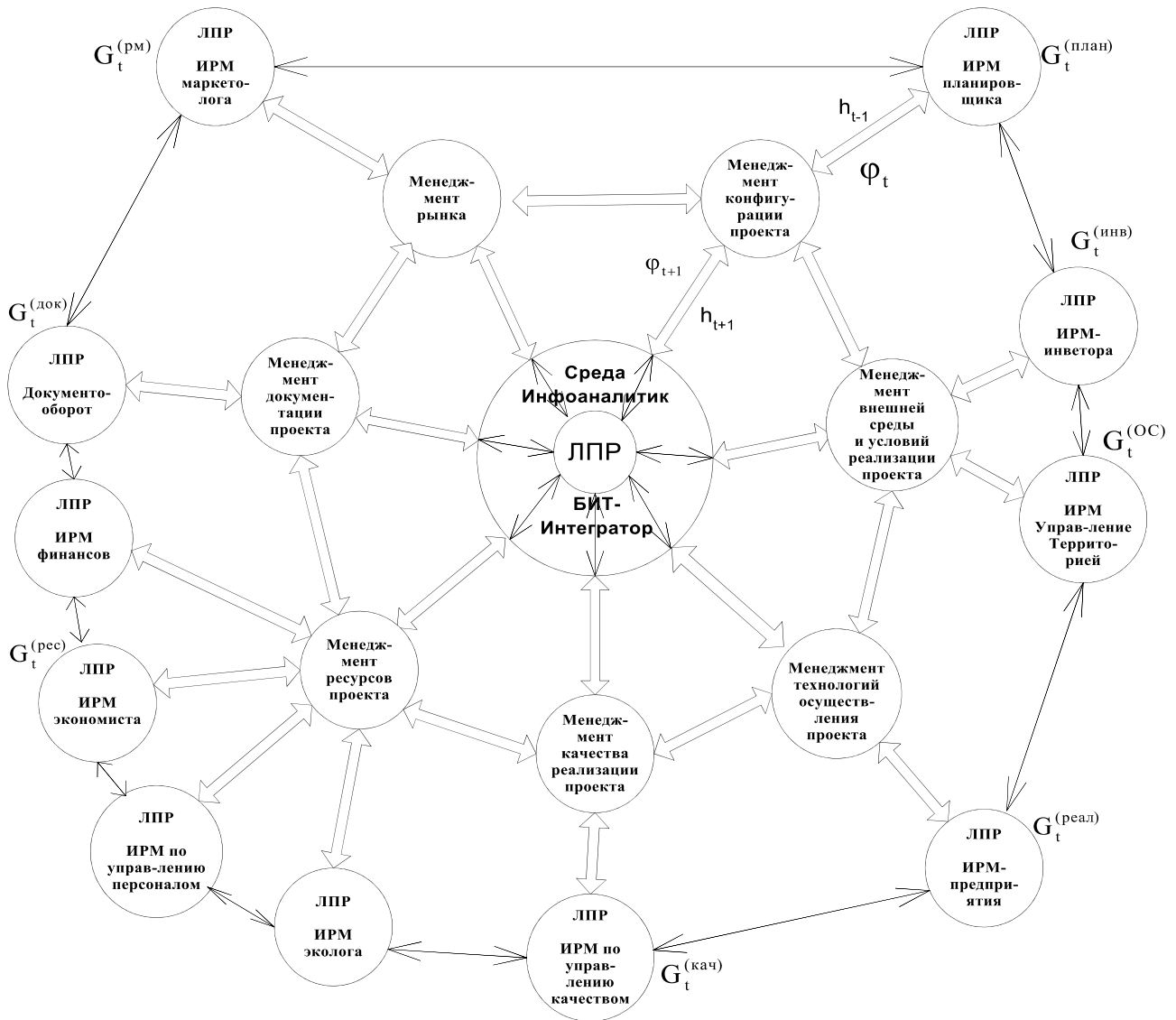


Рис. 5. Взаимосвязь подсистем управления проектов на основе БИТ

Относительно междисциплинарности можно отметить, что на схеме структуре [рис. 5](#) эффективно организуются вертикальное и горизонтальное территориальное и ведомственное управление [18]. В международном аспекте на этой структуре при объединении только ИРМов реализуются сети знаний специалистов ("Network of Excellence"). На сети в целом при интеграции с Web-технологиями реализуются интегрированные проекты ("Integrated Projects").

Для получения оценок интегральных показателей состояний, проектных ситуаций в БИТ-интеграторе производится байесовская свертка в соответствии с формулой (13). Методология свертки междисциплинарной информации и технология ее реализации подробно рассмотрена, например в [4, 5], формализована в [4–6, 19] и других работах автора.

При включении новых участников производственного комплекса сеть развивается в соответствии с новой производственной ситуацией.

Методология развивающихся БИТ используется в концепции управления проектом как основа для генерации управленческих решений и технологий их реализации. Обобщенная схема получения решений $\{h_t\}$, управления качеством и синтезом развивающихся БИТ представлена на [рис. 7](#).

В своей совокупности представленные на схеме [рис. 7](#) этапы образуют жизненный цикл БИТ, построенной на принципах международных требований и стандартов серии ИСО 9000. Это касается не только расширения набора функциональных характеристик создаваемых технологий, обеспечения измеримости целей, непрерывности улучшения и повышения качества решений (и др. принципов), но и установления нового типа взаимоотношений к сфере применения информационных технологий "(ИТ) поставщик (производитель ИТ)" – "потребитель (пользователь ИТ)", реализованного в соответствии с ориентацией на потребителя. В этих условиях БИТ предлагают пользователю инструментарий, позволяющий ему самому производить перестройку ИТ в соответствии с его собственными требованиями, ограничениями и критериями, специфицируя технологию конкретно для определенной прикладной задачи и оптимизируя все ресурсные затраты на получение решений.

3. Этапы реализации обобщенной схемы на основе платформы "Инфоаналитик"

Рассмотрим этапы реализации обобщенной схемы на основе платформы "Инфоаналитик", составленной из семи блоков.

1. Блок идентификации типа задачи, состоящая из трех взаимосвязанных модулей.

1.1. *Модуль обработки запроса пользователя.* Модуль принимает и идентифицирует информацию пользователя в виде специально оформленного запроса на решение прикладной задачи с указанием типа объекта, набора субъектов проекта, условий среды реализации проекта, желаемого вида решения, ограничений и критериев.

1.2. *Модуль определения типа прикладной задачи.* Модуль классифицирует запрос и определяет тип прикладной задачи пользователя в соответствии со списком составляющих в выражении (16).

1.3. *Модуль определения целей и программ (стратегий) достижения желаемых результатов решаемых прикладных задач.* Модуль позволяет построить дерево целей, определяя тем самым стратегический план реализации основной задачи запроса. Иерархический принцип построения дерева целей предполагает задание и контроль измеримых параметров деятельности: энергосбережения, рационального использования ресурсов, технологической модернизации. В этом модуле реализуются принципы управления качеством предоставляемых услуг, возможности разработки нормативно-правовой и нормативно-методической, необходимость привлечения инвестиций и др.

2. **Блок интерпретации информационной ситуации** для формализации условий и инвентаризации информационных и вычислительных ресурсов прикладной задачи. Как показано в [4], информационная ситуация может быть интерпретирована в форме одного из трех основных типов. Первый тип – это ситуации с полностью определенными условиями и данными. Второй тип ситуаций – это ситуации с незначительной неопределенностью в данных, снимаемой в процессе итерационных преобразований информации согласно принятой целевой функции измерительного и вычислительного экспериментов. Третий тип ситуаций – ситуации со значительной неопределенностью всех составляющих, включая априорную и поступающую информацию, модель и свойства объекта и среду его окружения, меняющиеся требования, цели, критерии, определяющие в целом структуру конкретной информационной технологии управления проектом.

2.1. *Модуль инвентаризации источников информации и их метрологической аттестации.* Назначение данного модуля – определение набора доступных источников данных и знаний об объекте и внешней среде. Инструментарий пользователя данного модуля позволяет производить оценку качества информации каждого источника данных в виде комплексов метрологических показателей: точности, надежности, достоверности. Этот модуль обеспечивает поддержание принципа единства измерений

на всех этапах ИТ и позволяет из различных расчетных модулей и баз данных создать единую ИТ с возможностью управления качеством получаемых решений.

2.2. Модуль инвентаризации вычислительных ресурсов предназначен для определения набора моделей и расчетных методик косвенной оценки свойств и взаимосвязей объекта с внешней средой. Важным вопросом является метрологическая аттестация моделирующих систем и расчетных схем при данных условиях решения прикладной задачи. Моделирующие блоки, представляющие собой информационные технологии для реализации отдельных этапов проектируемой ИТ классифицируются и наполняют базу знаний новой ИТ. К числу таких технологий могут быть отнесены информационные технологии когнитивных и имитационных методов моделирования сложных объектов. К числу нормативных документов относятся технические регламенты, стандарты, руководящие технические материалы, рекомендации и другие нормативно-технические документы.

2.3. Модуль ограничений и требований предназначен для систематизации основных условий решения задачи и формализации ее постановки в метрологическом аспекте. При этом формируется вид компакта пространства решений прикладной задачи в рамках пространственно-временных и фазовых ограничений. Нормативно-правовые документы также определяют дополнительные ограничения компакта решений и создают правовое поле решений. Данный компакт при использовании регуляризирующего байесовского подхода имеет вид динамического компакта, определенного в [4], способного менять свои границы в процессе эксплуатации ИТ согласно меняющимся требованиям и ограничениям решаемой задачи.

На [рис. 6](#) представлена структура подсистемы интерпретации информационной ситуации для организации управления в соответствии с концепцией и структурными схемами [рис. 3](#), [рис. 5](#).

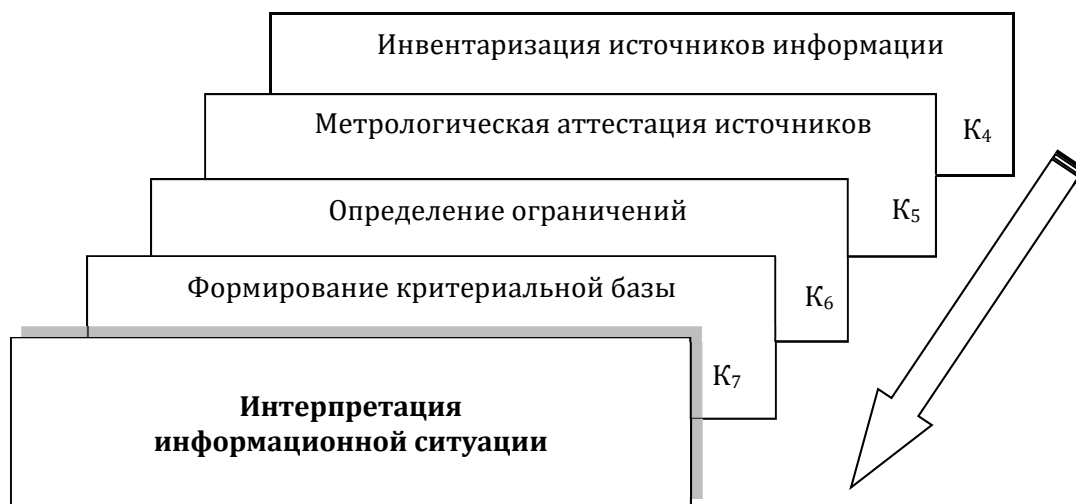


Рис. 6. Подсистема интерпретации информационной ситуации

3. Блок синтеза МДО и ШДО предназначена для создания модели объекта, среды его функционирования и системы шкал, адекватно отражающих свойства характеристик и показателей, определяющих состояние объекта и среды на основе принципов БИТ.

3.1. Построение модели объекта и среды с динамическими ограничениями. Для построения модели с динамическими ограничениями (МДО) определяются контролируемые и измеряемые свойства объекта и среды, а также взаимоотношения между ними. Процесс целенаправленного развития модели может быть решен на основе принципов управления структурой модели и информационными технологиями с позиций общей теории управления в условиях неопределенности.

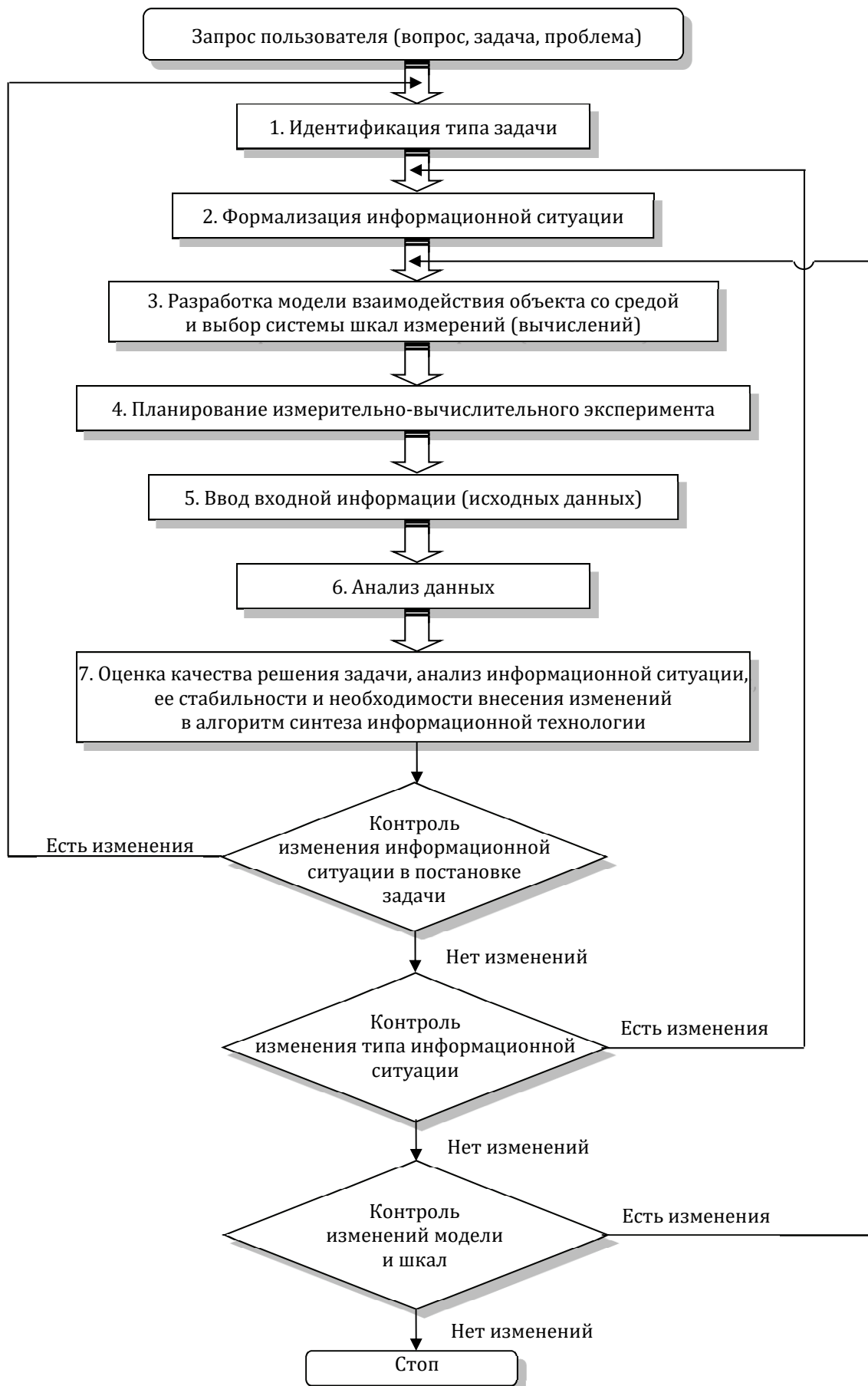


Рис. 7. Схема развивающейся информационной технологии

Задача управления моделью объекта и информационными технологиями может быть представлена как задача восстановления причин по их следствиям. Такая обратная задача является некорректной по Адамару, т.к. при ее решении должны обеспечиваться условия существования, единственности и непрерывной зависимости результатов решения задачи от исходных данных. Метод МДО и ШДО [4] позволяет перевести эту задачу в класс условно-корректных задач по Тихонову, т.к. при этом выполняются следующие условия:

- априори известно, что решение задачи существует на динамическом компакте $H_{k,t}$;
- решение задачи единственно в форме РБО $\{h_{k,t}\} \subset H_{k,t}$ на определенном множестве $H_{k,t}$;
- существует непрерывная зависимость результатов решения задачи от исходных данных при условии, что вариации исходных данных не выводят решение за пределы множества $H_{k,t}$.

Практическая реализация этих условий ориентирована на решение актуальных задач современной теории управления в условиях неопределенности. Каждая из этих задач требует своего методологического, информационно-технологического, нормативно-технического, организационного и правового обеспечения. Эти актуальные вопросы требуют детального рассмотрения и изучения для создания действительно мощной производственной базы разработки современных информационных технологий с целью контроля качества получаемых решений, коррекции и управления синтезом ИТ.

3.2. Построение шкал с динамическими ограничениями для определения свойств объектов и среды в условиях неопределенности информации.

Теория и технология построения моделей с динамическими ограничениями, шкал с динамическими ограничениями, регулируемых байесовских оценок рассмотрены, в частности, в [4–6].

3.3. Построение шкал с динамическими ограничениями для нормирования и создания критериальной базы задачи. Задачи нормирования реализуются на критериальных шкалах. Критериальные шкалы могут быть полезны в задачах контроля (экологического, энергетического, технического и др.) для установления предупреждающих границ при вероятностном представлении контролируемого показателя.

Для интерпретации ситуации и генерации управленческих рекомендаций используются динамические ситуационные шкалы типа ШДО, структура которых также может перестраиваться в зависимости от изменения содержимого баз знаний и данных.

4. Блок планирования измерительно-вычислительного эксперимента. После построения гиперкуба ШДО для моделируемого объекта и внешней среды определяется план измерений и вычислений, задающий последовательность измерительных и вычислительных этапов алгоритма информационной технологии, в своей совокупности представляющих собой конкретную информационную технологию решения прикладной задачи. Модули этой подсистемы отвечают на вопросы "что?", "где?", "когда?", "сколько времени?", "какими средствами?", "с какими метрологическими характеристиками?" производить измерения или вычисления для удовлетворения требований поставленной задачи. По сути дела, эти модули осуществляют метрологический синтез информационной технологии. Они представляют собой инструментарий для управления информационно-технологическим процессом получения решения задачи в условиях неопределенности информации.

5. Блок ввода разнотипной информации в виде числовых данных, измерительной информации, мнений экспертов, лингвистической, текстовой информации, картографических представлений информации, графиков, схем, диаграмм, результатов расчетов и других видов информации. Кроме того, эта подсистема предназначена для инвентаризации, сортировки и метрологической аттестации данных и знаний.

6. Блок реализации измерительно-вычислительного процесса по сгенерированной информационной технологии, определенной в рамках предыдущего этапа. На этом этапе происходит собственно преобразование, интеграция и интерпретация исходной информации с целью получения решения задачи. В процессе реализации созданной ИТ параллельной ветвью на каждом шаге ИТ реализуется метрологическое обоснование получаемых промежуточных решений и ведется мониторинг качества ИТ. Определяются компоненты комплексов метрологических характеристик в виде показателей точности, надежности (уровни ошибок первого и второго рода), достоверности (в виде байесовской апостериорной вероятности), энтропии и рисков получаемых решений.

7. Блок контроля качества решений, стабильности информационной ситуации и управления ИТ. В функции этой подсистемы входит контроль качества получаемых решений с точки зрения поставленных требований, текущей информационной ситуации и ее изменений, как на уровне поступающей в систему информации, метрологических требований и ограничений, так и на уровне самой постановки задачи с изменением цели, объекта или типа задачи. Полученные на этом этапе рекомендации реализуются системой управления ИТ в виде предупреждающих или корректирующих действий.

При этом при низком качестве решений возможен запрос на ввод дополнительной информации, смягчения требований к качеству и виду решений, или коррекции типа задачи в смысле ее допустимого упрощения.

Основу методологии управления ИТ составляет принцип непрерывной перестройки ее структуры в целях повышения эффективности и качества решений. Важно, что для реализации этого принципа все составляющие блоки схемы, включая и блоки постановки задачи, определения модели и идентификации информационной ситуации охвачены обратной связью для их коррекции, непрерывного развития и совершенствования ИТ в процессе получения решения.

В целом все измерительно-вычислительные и управленческие процессы при управлении проектом строятся на основе концепции развивающихся информационных технологий РБП [5], обобщенная структурная схема которых представлена на рис. 7. Идеи и технологии данной концепции были использованы при построении систем управления проектами для предприятий, техногенных комплексов и территорий на основе БИТ. С результатами можно ознакомиться в работах [6, 16–18] и других, а также непосредственно на производственных участках созданных и эксплуатируемых управляющих систем.

Для реализации концепции использовались аппаратно-программные комплексы в составе с ИРМ на основе БИТ [7–15] и другие, которые служат как для управления проектом в рамках работ БИТ, так и для обучения специалистов.

В целом все измерительно-вычислительные и управленческие процессы при управлении проектом строятся на основе концепции развивающихся информационных технологий РБП [5], обобщенная структурная схема которых представлена на рис. 7. Идеи и технологии данной концепции были использованы при построении систем управления проектами для предприятий, техногенных комплексов и территорий на основе БИТ. С результатами можно ознакомиться в работах [6, 16–18] и других, а также непосредственно на производственных участках созданных и эксплуатируемых управляющих систем.

Для реализации концепции использовались аппаратно-программные комплексы в составе с ИРМ на основе БИТ [7–15] и другие, которые служат как для управления проектом в рамках работ БИТ, так и для обучения специалистов.

Заключение

Таким образом представленная методология проектного менеджмента, реализованная на основе БИТ, позволяет эффективно управлять проектами в условиях значительной неопределенности ситуаций, обеспечить требуемое качество управления проектами, а также обучать специалистов.

Список источников

- [1] *Дитхелм Герд.* Управление проектами. В 2 томах. СПб.: "Бизнес-пресса", 2004.
- [2] *Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г.* Управление проектами. / под. ред. Мазура И.И. М.: "Издательство "Экономика", 2001.
- [3] Модели и методы управления в условиях неопределенности / под редакцией Андреева Г.И., Тихомирова В.А. М.: Финансы и статистика, 2006.
- [4] *Недосекин Д.Д., Прокопчина С.В., Чернявский Е.А.* Информационные технологии интеллектуализации измерительных процессов. СПб.: Энергоатомиздат, 1995.
- [5] *Прокопчина С.В.* Принципы создания развивающихся информационных технологий на основе регуляризирующего байесовского подхода. // Сб. докладов Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2005", Санкт-Петербург, 27–29 июня 2005, Т. 1.
- [6] *Лукьянец А.А., Прокопчина С.В.* Методология поддержки решений в управлении энергоснабжающими организациями на основе регуляризирующего байесовского подхода. Томск: Некоммерческий фонд развития региональной энергетики, 2006.
- [7] Интеллектуальное рабочее место инженера-эколога (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004610498 от 19.02.2004).
- [8] Интеллектуальное рабочее место энергетика (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611743 от 06.10.2004).
- [9] Интеллектуальное рабочее место специалиста по управлению персоналом (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611745 от 19.02.2004).
- [10] Интеллектуальное рабочее место менеджера предприятия (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610206 от 21.03.2006).
- [11] Интеллектуальное рабочее место специалиста по качеству (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004610246 от 19.02.2004).
- [12] Интеллектуальное рабочее место финансового директора (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005611423 от 08.08.2005).
- [13] Инфоаналитик (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004611741 от 12.08.2004).
- [14] Интеллектуальный тренинговый комплекс для специалистов предприятия (свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610210 от 21.03.2006).
- [15] Интеллектуальное рабочее место специалиста по управлению территорией (свидетельство Федеральной Службы по интеллектуальной собственности, патентам и торговым знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006610207 от 21.03.2006).
- [16] *Котельников В.Г., Гусева Е.В., Грушинский С.В.* Аудит документов СМК в программной среде "ИНФОАНАЛИТИК" // Сб. докладов Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2006", Санкт-Петербург, 27–29 июня 2006. Т. 1.
- [17] *Прокопчина С.В., Федичкин А.И.* Применение Байесовских Интеллектуальных Технологий (БИТ) для оценки интегральных показателей // Сб. докладов Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2006", Санкт-Петербург, 27–29 июня 2006. Т. 2.
- [18] *Клинков С.В., Скрынник С.В., Федюлин В.А.* Создание аналитической системы управления для Селигерской природной территории на основе БИТ // Сб. докладов Между-

нар. конф. по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2006", Санкт-Петербург, 27–29 июня 2006. Т. 1.

- [19] *Прокopcина С.В., Федичкин А.И.* Прогнозирование характеристик сложных объектов на основе Байесовских Интеллектуальных Технологий // Сб. докладов Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2006", Санкт-Петербург, 27–29 июня 2006. Т. 2.

References

- [1] *Diethelm Gerd.* Project management. In 2 volumes. St. Petersburg: "Business Press", 2004.
- [2] *Mazur I.I., Shapiro V.D., Olderogge N.G.* Project Management / ed. Mazura I.I. M.: "Publishing house "Economics", 2001.
- [3] Models and methods of management in conditions of uncertainty / Edited by Andreev G.I., Tikhomirov V.A. M.: Finance and Statistics, 2006.
- [4] *Nedosekin D.D., Prokopchina S.V., Chernyavsky E.A.* Information technologies of intellectualization of measuring processes. St. Petersburg: Energoatomizdat, 1995.
- [5] *Prokopchina S.V.* Principles of creating developing information technologies based on a regular Bayesian approach. *Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements "SCM-2005"*, St. Petersburg, June 27–29, 2005. Vol. 1.
- [6] *Lukyanets A.A., Prokopchina S.B.* Methodology of decision support in the management of energy supply organizations based on the regularizing Bayesian approach. Tomsk. Non-profit Foundation for the Development of Regional Energy, 2006.
- [7] Intellectual workplace of an environmental engineer (certificate of Rospatent on the official registration of a computer program No. 2004610498 dated 19.02.2004).
- [8] Intellectual workplace of an energy engineer (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on the official registration of a computer program No. 2004611743 dated 06.10.2004).
- [9] Intellectual workplace of a personnel management specialist (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on the official registration of a computer program No. 2004611745 dated 19.02.2004).
- [10] Intellectual workplace of an enterprise manager (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on official registration computer programs No. 2006610206 dated 03/21/2006).
- [11] Intellectual workplace of a quality specialist (certificate of Rospatent on the official registration of a computer program No. 2004610246 dated 19.02.2004).
- [12] Intellectual workplace of a financial director (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on the official registration of a computer program No. 2005611423 dated 08.08.2005).
- [13] Infoanalyst (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on the official registration of the computer program No. 2004611741 dated 12.08.2004).
- [14] Intellectual training complex for specialists of the enterprise (certificate of Rospatent on the official registration of the computer program No. 2006610210 dated 21.03.2006).
- [15] Intellectual workplace of the territory management specialist (certificate of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks on the official registration of the computer program No. 2006610207 dated 21.03.2006).
- [16] *Kotelnikov V.G., Guseva E.V., Grushinsky S.V.* Audit of QMS documents in the software environment "INFO-ANALYST". *Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements "SCM-2006"*, St. Petersburg, June 27–29, 2006. Vol. 1.
- [17] *Prokopchina S.V., Fedichkin A.I.* Application of Bayesian Intelligent Technologies (BITS) for the evaluation of integral indicators. *Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements "SCM-2006"*, St. Petersburg, June 27–29, 2006. Vol. 2.

- [18] *Klinkov S.V., Skrynnik S.V., Fedulin V.A.* Creation of an analytical control system for the Seliger natural area based on BITS. *Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements "SCM-2006"*, St. Petersburg, June 27–29, 2006. Vol. 1.
- [19] *Prokopchina S.V., Fedichkin A.I.* Forecasting the characteristics of complex objects based on Bayesian Intelligent Technologies. *Collection of reports of the International Conference on Soft Computing and Measurements "SCM-2006"*, St. Petersburg, June 27–29, 2006. Vol. 2.
-

Статья поступила в редакцию 14.08.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 23.08.2023.

The article was submitted 14.08.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted for publication 23.08.2023.
