

УДК 004.832

DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-97-101

## Процесс проектирования информационных систем поддержки принятия решений для объектов с иерархической структурой

Г. А. Благодатский, кандидат технических наук, доцент,  
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*Статья посвящена вопросу применения методов проектирования информационных систем поддержки принятия решений для иерархических задач. Определение параметров взаимодействия методов проектирования информационных систем поддержки принятия решений для управления иерархическими производственно-техническими системами представляет собой актуальную научную проблему, решение которой вносит значительный вклад в развитие технологий проектирования систем поддержки принятия решений. В статье приведен процесс работы системы поддержки принятия решений для анализа иерархий по технологии полного графического интерфейса, приведена функциональная модель экспертной информационной системы анализа иерархических структур. Иерархические производственно-технические системы являются сложными, что влечет большую сложность при разработке информационных систем поддержки принятия решений для управления ими, создавая проблему «кризиса» при разработке таких систем. Для проектирования сложных программных систем разработан объектно ориентированный подход и метод унифицированного проектирования, но «кризис» в разработке информационных систем им не преодолен в полной мере. Для улучшения процесса проектирования информационных систем поддержки принятия решений в иерархических структурах предлагается использовать синергетический эффект нового метода проектирования – модифицированного процесса проектирования систем. Установлена возможность его применения к системам с иерархической структурой. В статье приведена схема и алгоритм предлагаемого метода, предлагается обсудить результаты анализа его применения к иерархическим системам. В отличие от традиционных моделей информационных систем, модель информационной системы поддержки принятия решений, построенная по новому методу, успешно интегрирует различные предметные области знаний за счет своей наглядности и поддержки технологий объектно ориентированного проектирования, что позволяет эффективно применять ее для создания модели экспертной информационной системы для сложных технических систем.*

**Ключевые слова:** UML, RUP, WIMP, проектирование, информационные системы, иерархия.

### Введение

В настоящее время уделяется большое внимание системам искусственного интеллекта и информационным системам поддержки принятия решений (ИСППР) [1]. Для анализа иерархических систем [2–5] активно применяются ИСППР с интегральной оценкой сложных технических систем [6–12].

Цель работы состоит в определении параметров взаимодействия методов проектирования информационных систем поддержки принятия решений для управления иерархическими производственно-техническими системами.

Для достижения цели необходимо определить параметры и способ взаимодействия моделей функционального, объектно ориентированного подходов и моделей графического пользовательского интерфейса для анализа структуры иерархических объектов при создании ИСППР.

### Проблема разработки систем поддержки принятия решений

Массовое применение ЭВМ привело к формированию сложных информационных систем. Структурный подход к разработке информационных систем [13] разработан для преодоления сложности разработки информационных систем (блок-схемы, SADT, DFD, ERD-модели и схемы форм ввода-вывода информации) [14].

Структурный подход к разработке сложных программных систем не преодолел сложность, возникшую в связи с появлением сетевой многопользовательской технологии и, как следствие, технологии распределенных систем, был предложен объектно ориентированный подход [15].

Подход к анализу иерархических систем изменился при разработке иерархических СППР по технологии полного графического интерфейса (WIMP-интерфейса [16]).

Проведение экспертизы предполагает ввод исходных данных, формирование иерархии проблемы, экспертизу, анализ результатов (рис. 1).

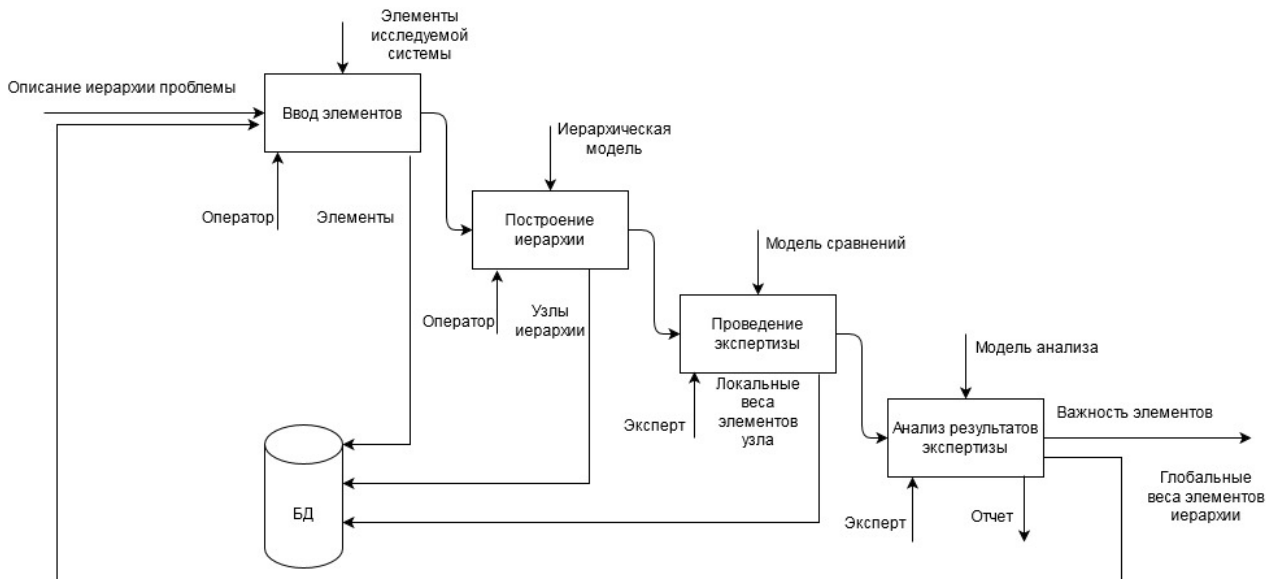


Рис. 1. Модель экспертной информационной системы анализа иерархических структур

Fig. 1. Functional model of the expert information system for the analysis of hierarchical structures

Иерархические производственно-технические системы являются сложными, что влечет большую сложность при разработке ИСППР для управления. Есть проблемы при разработке

ИСППР [17], они не полностью преодолены методом RUP [18]. Для его преодоления предлагается модифицированный процесс проектирования систем (МППС) (рис. 2).

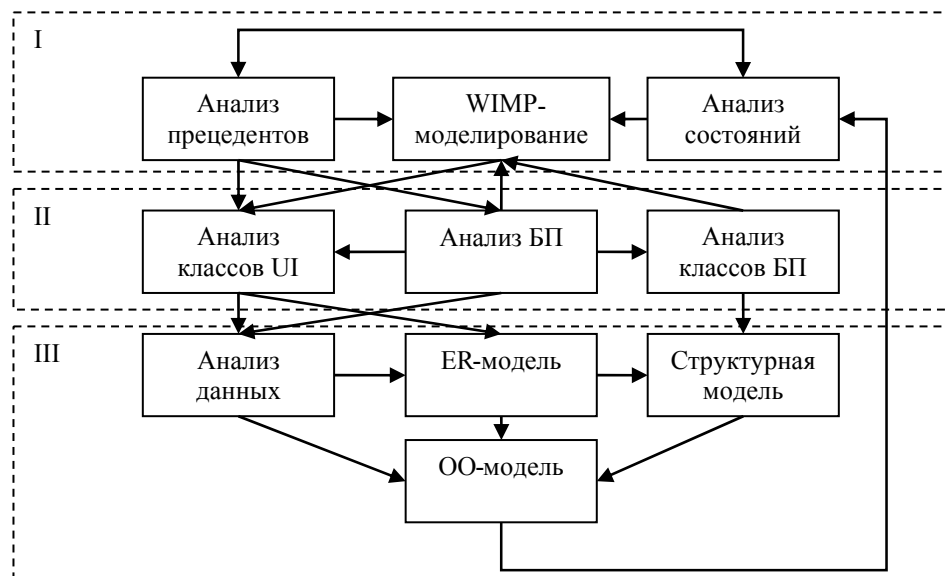


Рис. 2. Метод разработки информационных систем поддержки принятия решений для объектов с иерархической структурой

Fig. 2. Hierarchical structure objects decision information systems development method

### Метод разработки информационных систем поддержки принятия решений для объектов с иерархической структурой

Алгоритм применения метода состоит в следующем:

1. Проводится анализ прецедентов для формирования функциональных требований. По

модели прецедентов формируется WIMP-интерфейс и формируется модель состояний.

2. Разрабатывается модель WIMP-интерфейса на основе анализа состояний системы. Эта информация воздействует на содержание индикаторов, их порядок и на способ предоставления экранных форм в WIMP-интерфейсе.

3. Для формирования полного набора состояний системы критически важна обратная связь, полученная по результатам моделирования графического пользовательского интерфейса для выявления возможных состояний системы.

4. Формируется модель протекающих процессов работы пользователя с графическим интерфейсом, проводится уточнение прецедентов работы пользователя.

5. На основе анализа процессов проектируется модель классов процессов. Атрибуты классов воздействуют на индикаторы состояний системы, информирование пользователя и его возможность по реагированию на эти состояния. На основе модели классов формируется база знаний о состояниях системы.

6. Выявляются классы графического пользовательского интерфейса для формирования набора данных об исследуемом объекте. Наборы данных об исследуемом объекте формируются на основе атрибуты и операции классов.

7. Проводится анализ данных визуальных классов и классов, протекающих в системе процессов, устанавливаются области определения параметров и их связи.

8. Проектируется реляционная модель данных.

9. Проектируется логическая модель системы и на ее основе объектная модель системы.

10. Модель состояний уточняется на основе знаний о поведении объектов.

11. Выполняется проверка на соответствие целям и задачам исследования объектно ориентированной модели. При выявленных недостатках модели алгоритм начинается с пункта 1.

#### **Анализ результатов**

Расстановка элементов WIMP-интерфейса зависит от характеристик среды разработки, поэтому при проектировании по методу МППС необходимо иметь представления о технических возможностях среды.

Необходимо разрабатывать логическую модель системы (модель классов) для отражения структуры протекающих процессов (в виде набора блок-схем для описания функционала системы). Модель состояний должна быть использована для отражения поведения системы.

Производительность работы экспертов и качество экспертиз повышается (снижается количество случайных ошибок) путем формирования механизма обратной связи в виде графического отражения результатов работы с интегральным показателем. Процедура работы с матрицами парных сравнений может быть значительно уп-

рощена при автоматическом заполнении их по списку парных сравнений (формируемом по иерархии элементов). Проще выносить суждения при использовании графических шкал для ввода значений.

В результате применения метода МППС можно меньшим количеством моделей с меньшим количеством структурных элементов показать все аспекты применения ИСППР.

#### **Выводы**

Разработан метод проектирования моделей экспертных информационных систем для объектов с иерархической структурой. Разработанные по предлагаемому методу модели сложных технических систем интегрируют возможности структурных и объектно ориентированных методов проектирования и графических пользовательских интерфейсов. Практическая полезность работы заключается в том, что разработаны алгоритмы построения экспертных информационных систем для интегральной оценки иерархических структур и управления на их основе.

#### **Библиографические ссылки**

1. Пупков К. А., Воронов Е. М., Карпунин А. А. Оптимальное управление многообъектными многокритериальными системами, структурный синтез и иерархическое уравнивание в интеллектуальных системах управления // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2010. № 4. С. 73–78.

2. Модель управления режимами работы системы на основе матрицы решений / Г. А. Благодатский, М. М. Горохов, Д. Е. Докучаев, Е. В. Карачев // Интеллектуальные системы в производстве. 2022. Т. 20, № 4. С. 48–55. DOI: 10.22213/2410-9304-2022-4-48-55.

3. Development of the Functional and Management Structure for the Computerized Management System under the Influence of Direct Environment Factors / Kh. Al Besoul, S. Al Salaimeh, A. Al Halaybeh, N. Hajiyev // Engineering Technologies and Systems. 2020. Vol. 30. No 2. P. 313-325. DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.313-325.

4. Babenko A. G., Kotegova E. V. Controlled object structural identification in the production unit optimal control problem // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. No 6. P. 59–68. DOI 10.21440/0536-1028-2018-6-59-68.

5. Hanafi M. Ya., Shkodyrev V. P. Hierarchical Pareto optimality approach for intelligent control system in oil manufacturing // Computing, Telecommunications and Control. 2021. Vol. 14. No 4. P. 61-70. DOI 10.18721/JCSTCS.14406.

6. Воронов Е. М. Методы оптимизации управления многообъектными многокритериальными системами на основе разработки и модификации стабиль-

но-эффективных игровых решений : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2000. 32 с.

7. Полтавский, А.В. Надежность и качество: труды международного симпозиума: [в 2 т.] / М-во образования и науки РФ, Всемирный технологический ун-т UNESCO [и др.]; [редкол.: Полтавский А.В. – гл. ред. и др.]. Пенза : Пензенский гос. ун-т, 2009. 29 см. ISBN 978-5-94170-269-5.

8. Терелянский П. В., Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Информационные технологии прогнозирования технических решений на основе иерархических моделей : монография / М-во образования Рос. Федерации, Волгоградский гос. техн. ун-т. Волгоград : Политехник, 2004. 154 с. ISBN 5-230-04386-5.

9. Семенов С. С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения метода экспертных оценок. Москва : URSS: Ленанд, 2015. 350 с. ISBN 978-5-9710-1680-9.

10. Мельников А. В. Кластерно-иерархические методы экспертизы технических и экономических объектов: специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» : дис. ... д-ра техн. наук. Воронеж, 2014. 32 с.

11. Бухарин С. В., Мельников А. В. Экспертная оценка обобщенного показателя структуры капитала // Конкурентоспособность. Инновации. Финансы. 2011. № 2 (6). С. 76–81.

12. Шакиров В. А. Многокритериальный анализ вариантов размещения энергетических объектов: специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)» : дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2007. 163 с.

13. Donald E. Knuth (December 1974). "Structured programming with go to statements" (PDF). *Computing Surveys*. 6 (4): 261–301. doi:10.1145/356635.356640

14. Marca D., McGowan C. *Structured Analysis and Design Technique*, McGraw-Hill, 1987, ISBN 0-07-040235-3

15. Booch, Grady & Maksimchuk, Robert & Engle, Michael & Young, Bobbi & Connallen, Jim & Houston, Kelli. (2008). *Object-Oriented Analysis and Design with Applications*. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. 33. 10.1145/1402521.1413138.

16. Andries van Dam. *Post-WIMP User Interfaces* // *Communications of the ACM*. February 1997. № 40 (2). P. 63-67. Doi:10.1145/253671.253708.

17. Dijkstra E. W. The humble programmer // *ACM* 15 (1972), 10: 859–866.

18. Stephen Schach (2004). *Classical and Object-Oriented Software Engineering*. 6/e, WCB McGraw Hill, New York, 2004.

## References

1. Pupkov K.A., Voronov E.M., Karpunin A.A. [Optimal control of multi-object multicriteria systems, structural synthesis and hierarchical balancing in intelligent control systems]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Inženernye issledovanija*

[RUDN Journal of Engineering Research]. 2010. No. 4, pp. 73-78 (in Russ.).

2. Blagodatskii G.A., Gorokhov M.M., Dokuchayev D.E., Karachev E.V. [A model for controlling system operation modes based on a decision matrix]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2022, vol. 20, no. 4, pp. 48-55 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2022-4-48-55.

3. Besoul Kh.AI, Salaimeh S.AI, Halaybeh A.AI, Hajiyev N. (2020) *Engineering Technologies and Systems*. Vol. 30, No 2, pp. 313-325. DOI 10.15507/2658-4123.030.202002.313-325.

4. Babenko A.G., Kotegova E.V. (2018) *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal*. [Minerals and mining engineering]. No 6, pp. 59-68. DOI 10.21440/0536-1028-2018-6-59-68.

5. Hanafi M.Ya., Shkodyrev V.P. (2021) *Computing, Telecommunications and Control*. Vol. 14, No 4, pp. 61-70. DOI 10.18721/JCSTCS.14406.

6. Voronov E.M. *Metody optimizacii upravlenija mnogoob#ektnymi mnogokriterial'nymi sistemami na osnove razrabotki i modifikacii stabil'no-jeffektivnyh igrovyh reshenij* [Methods for optimizing the control of multi-object multi-objective systems based on the development and modification of stable-efficient game solutions] : DSc thesis. 2000. Moscow (in Russ.).

7. Poltavskij A.V. ed. *Nadezhnost' i kachestvo: trudy mezhdunarodnogo simpoziuma* [Reliability and Quality: Proceedings of the International Symposium]. Penza: Penzenskij gos. un-t. 2009. (in Russ.).

8. Tereljanskij P.V., Andrejchikov A.V., Andrejchikova O.N. *Informacionnye tehnologii prognozirovanija tehnicheskikh reshenij na osnove ierarhicheskikh modelej* [Information technologies for forecasting technical solutions based on hierarchical models]. Volgograd: Politehnik Pybl. 2004. (in Russ.).

9. Semenov S.S. *Ocenka kachestva i tehnicheskogo urovnja slozhnyh sistem: Praktika primenenija metoda jekspertnyh ocenok* [Assessment of the quality and technical level of complex systems: The practice of applying the method of expert assessments]. Moscow: Lenard. 2015. (in Russ.).

10. Melnikov A.V. *Klasterno-ierarhicheskie metody jekspertizy tehnicheskikh i jekonomicheskikh ob#ektov* [Cluster-hierarchical methods of examination of technical and economic objects]: DSc thesis. Voronezh. 2014 (in Russ.).

11. Buharin S.V., Mel'nikov A.V. *Institut menedzhmenta, marketinga i finansov*. [Institute of Management, Marketing and Finance]. 2011. No. 1. Pp. 76-81 (in Russ.).

12. Shakirov V.A. *Mnogokriterial'nyj analiz variantov razmeshhenija jenergeticheskikh obektov* [Multi-criteria analysis of options for placement of energy facilities]: PhD thesis. Bratsk. 2007 (in Russ.).

13. Knuth D.E. *Computing Surveys*. (1974). Vol. 4, No. 6, pp. 261–301. Doi:10.1145/356635.356640.

14. Marca D., McGowan C. (1987). *Structured Analysis and Design Technique*. New York: McGraw-Hill.

15. Booch G., Maksimchuk R., Engle M., Young B., Connallen J., Houston K. (2008). *ACM SIGSOFT Soft-*

ware Engineering Notes. Vol. 33, No. 3. DOI: 10.1145/1402521.1413138.

16. van Dam A. (1997). Communications of the ACM, vol. 2, no. 40, pp. 63-67. DOI:10.1145/253671.253708.

17. Dijkstra E.W. (1972). ACM, vol. 15, no. 10, pp. 859-866.

18. Schach S. (2004). Classical and Object-Oriented Software Engineering. New York: McGraw Hill.

\*\*\*

### Hierarchical Structure Objects Information Systems Decision Support Developing Process

G. A. Blagodatsky, PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Information Systems, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*Application of methods for designing decision support information systems for hierarchical systems is considered. Determining the interaction parameters of methods for designing decision support information systems for managing hierarchical production and technical systems is an urgent scientific problem, the which solution makes a significant contribution to the development of technologies for designing decision support systems. The process of operation of a decision support system for the analysis of hierarchies using the full graphical interface technology, a functional model of an expert information system for the analysis of hierarchical structures is presented. Hierarchical production and technical systems are complex, which entails great complexity in the development of decision support information systems to manage them. This complexity creates the problem of "crisis" in the development of such systems for hierarchical production and technical systems. Despite many advantages and a long history of successfully applying the unified design method to the development of information systems, it does not completely overcome the problem of this crisis. To overcome this problem for hierarchical production and technical systems, it is proposed to modify the unified design method and use the synergistic effect from the combined use of structural, object and visual modelling methods in the form of a new design method - a modified system design process. The article presents the scheme and algorithm of the proposed method, the results of the analysis of its application. The possibility of its application to systems with a hierarchical structure is established. Unlike traditional models of information systems, the decision support information system model built according to the new method successfully integrates various subject areas of knowledge due to its visibility and support for object-oriented design technologies, which allows it to be effectively used to create an expert information system model for complex technical systems.*

**Keywords:** UML, RUP, WIMP, development, information systems, hierarchy.

Получено: 07.02.23

#### Образец цитирования

Благодатский Г. А. Процесс проектирования информационных систем поддержки принятия решений для объектов с иерархической структурой // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 1. С. 97-101. DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-97-101.

#### For Citation

Blagodatskii G.A. [Hierarchical structure objects information systems decision support developing process]. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve*. 2023, vol. 21, no. 1, pp. 97-101 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2023-1-97-101.