

УДК 004.318

Э.Г. ПЕТРОВ¹, В.М. ГУБА²¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина² Харьковский НИИ технологии машиностроения, Харьков, Украина

СИНТЕЗ ОБРАЗЦА-АНАЛОГА ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Работа посвящена разработке процедуры синтеза образца-аналога для оценивания сложных технических объектов. Оценка вариантов образцов-аналогов и их ранжирование предложено производить, используя общую теорию полезности. Предложено формировать многокритериальную скалярную функцию полезности для оценки альтернатив компонент для выбора предпочтительного варианта образца-аналога для образца оценивания. Разработана компонентная процедура формирования образца аналога из набора компонент, хранящихся в архиве для каждого уровня описания образца оценивания и соответствующего образца-аналога.

Ключевые слова: объект оценивания, аналог, многокритериальное оценивание, функция полезности, система поддержки принятия решений.

Введение

Настоящее исследование ориентировано на разработку общей методологии оценивания сложных технических систем различного назначения, зданий, жилых и производственных помещений, инфраструктурных объектов и т.д., которые характеризуются критериями различной природы, размерности и описанием различных подсистем структурных уровней и функционального назначения. Реализация такой общей задачи оценивания возможна с позиций общего структурного и функционального синтеза абстрактных систем.

В данной работе рассмотрено формирование аналога объекта оценивания из набора компонент, хранящихся в архиве для каждого уровня описания образца с применением методов многокритериального оценивания.

Постановка задачи

Существующая в настоящее время практика проведения оценочных работ материальных объектов в своем большинстве основывается на нескольких основных принципах [1 – 3]:

- типизация объектов оценивания по функциональному и потребительскому признаку: строения, технические и производственные объекты, социально-экономические системы и т.п.;

- классификация внутри типового деления по сложности, стоимости, назначению;

- формирование оценок степени сходства образца и аналогов различной природы (существующих в реальности, виртуальных, синтезированных «идеальных»);

- коррекция результатов с помощью различных нормированных коэффициентов, компенсирующих разброс оценок обусловлен субъективизмом экспертов, неполнотой набора критериев оценки различных свойств объекта и образца-аналога.

Эти принципы в той или иной форме присутствуют при оценке объектов различных типов с учетом их особенностей.

Таким образом, можно сформулировать в общем виде процедуры оценивания, состоящие из следующих последовательных этапов:

- общее системное описание объекта оценивания;

- описание функциональной структуры объекта оценивания;

- определение перечня критериев и метрики оценки значений характеристик объекта оценивания;

- выбор ближайшего табличного аналога и коррекция стоимости объекта оценивания в соответствии со значениями табличных поправочных коэффициентов.

Таким образом, центральным вопросом определяющим достоверность оценки является выбор соответствующего аналога для объекта оценивания с близкими характеристиками. Следует учесть, что процедура сравнения в существующей практике не

учитывает многофакторную природу оцениваемых объектов, что существенно снижает достоверность результатов. Сокращение числа факторов (характеристик) сравнения, выбор поправочных коэффициентов, определение их значений и др. вносит большую долю субъективизма в процедуру достоверного сравнения и оценки объектов.

Существенным способом устранения указанных недостатков существующей практики проведения процедуры оценивания может служить привлечение и внедрение методов многофакторного оценивания, методологии информационной поддержки принимаемых решений и автоматизации процесса оценивания. Теоретической основой создания информационной системы автоматизации процедур принятия решений может служить аппарат теории многофакторного оценивания и оптимизации, создание специализированной информационной среды для оценки образцов-аналогов и принятия решений выбора [5, 6].

Для реализации сформулированных задач необходимо на начальном этапе выполнить ряд подготовительных работ, прежде всего таких как:

- определить способ описания объектов оценивания и объектов-аналогов воссоздания и замещения;

- определить систему архивации аналогов и дисциплину обслуживания процедур их поиска и классификации;

- сформировать набор критериев (признаков) описывающих возможные альтернативы решений для выбора предпочтительной.

В данной статье будет рассмотрена задача формирования набора критериев и синтеза образца-аналога для оценивания сложного технического объекта.

Критерии описания объектов оценивания

Поскольку сложные системы имеют в большинстве случаев многоуровневую иерархическую структуру то и система критериев описания такой системы имеет иерархическую структуру, модель которой представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель структуры описания объекта оценивания

Практические значения критериев оценки объектов и их состав определяются конкретными задачами описания свойствами объекта оценивания и требуемой детализацией описания объекта. Присутствуют факторы двух видов – функциональные, которые отображают возможности и качество выполнения требуемых функциональных задач и стоимостные, отражающие расходы на создание и эксплуатацию объектов оценивания.

Поскольку процедура оценки начинается с поиска возможного аналога в практики предыдущих работ либо в некотором искусственно сформированном образе (аналоге) с той или иной степенью детализации (уровнем сходства). Информация опыта прошлых работ и ранжированные ряды сформированные для типовых ситуаций предметной области составляют основу информационной поддержки процедур оценивания объектов определенного функционального класса. В соответствии с моделью структуры описания процедура выбора аналога в общем виде будет выполняться последовательным сравнением и выбором претендентов на роль аналогов по системным критериям из их состава по функциональным и из их состава при их необходимости по элементным параметрам.

Возможны два подхода к формированию отношения порядка на каждом уровне поиска и отбора претендентов на роль аналога – качественный и количественный.

На начальном этапе отбора на каждом уровне предпочтительно использовать количественный подход к выбору образцов-аналогов и регулировать их количество путем изменения величины степени подобия сравнения. Такой подход позволит на заключительной стадии трех этапов произвести сравнение предпочтительных вариантов каждого уровня для выбора обобщенного (по трем этапам) образца-аналога.

Теоретической базой многофакторного оценивания и оптимизации является теория полезности [7]. Использование аппарата теории полезности в рамках настоящего исследования объясняется спецификой решаемых задач, особенностями объектов оценивания, назначением и практикой использования полученных результатов.

Процедура оценивания формируется последовательностью основных этапов:

- формирование набора характеристик и критериев их оценки для описания объектов оценивания и эталонов-аналогов для рассматриваемого класса объектов;

- описание объекта оценивания в терминах и понятиях регламентированных для рассматриваемой предметной области, и определение его функции полезности;

- формирование ранжированного ряда эталонов-аналогов по величине функций полезности аналогов при различных значения частных критериев каждого эталона (альтернативы).

Анализ практики проведения процедур оценивания объектов рассматриваемого здесь класса позволяет сформулировать некоторые утверждения относительно распространенной в настоящее время системы сравнения объектов оценивания с объектом-аналогом по определенному набору критериев и последующего уточнения с помощью различных коэффициентов.

Такая методика оценки не использует в должной мере современные достижения в области информационных технологий и автоматизации.

В силу этого в процессе оценивания не учитывается ряд существенных характеристик и значимость параметров оценивания и как результат снижается уровень достоверности за счет глубокого уровня субъективизма.

Использование аппарата общей теории полезности позволяет для каждого образца-аналога определить значение функции полезности по заданному количеству характеристик объекта для каждого уровня иерархии показателей и обобщенный показатель функции полезности для объекта оценки.

Одним из важных вопросов при формировании функций полезности [8] объектов-аналогов является формирование наборов критериев оценки аналогов и соответственно образца. В этом случае, поскольку оценка производится по объектам определенного класса то состав критериев оценки альтернатив (аналогов) может производиться по типовым техническим и функциональным характеристикам объектов рассматриваемого класса для каждого уровня иерархии критериев.

Следующим вопросом формирования значений функции полезности альтернатив (образцов-аналогов) являются определения значимости (веса) каждого критерия.

Поскольку планируется производить вычисление функции полезности каждого образца аналога по каждому уровню, то для системного уровня коэффициенты значимости принимаются одинаковыми т.к. каждая системная характеристика по определению является равнозначимой частью системы.

На функциональном уровне подсистем наиболее приемлемыми является ситуация, когда эксперт не располагает информацией о количественных значениях весовых коэффициентов, но может рассматривать их ранжированный ряд по соответствующей степени важности.

На элементном уровне происходит сравнение альтернатив (образцов-аналогов) используемых ав-

тономных устройств контроля, сигнализации и обеспечения комфортности.

Полученные значения функции полезности по каждому уровню БД образцов-аналогов позволяют производить сравнительную оценку образца с аналогами по каждой составляющей характеристики объекта оценивания и анализировать структуру стоимости.

Далее проводится оценка образца-аналога по обобщенной характеристике функции полезности образца-аналога и образца оценивания.

В этом случае сравниваются ранжированные ряды значений функции полезности аналогов по каждому уровню (системный, функциональный и элементный) определяются весовые коэффициенты и формируются обобщенные значения функции полезности для каждого варианта образца-аналога.

Компонентная процедура формирования образцов-аналогов

Формирование образца аналога производится последовательно на каждом уровне иерархии (рис. 2) из набора компонент, хранящихся в архиве для каждого уровня описания образца оценивания и соответствующего образца-аналога.

Основными задачами, подлежащими решению при синтезе образца-аналога является:

- формирование описания образца оценивания по каждому уровню иерархической структуры;
- определение последовательно перечня образцов и компонент-аналогов для каждого уровня с задаваемой степенью близости;
- выбор предпочтительных вариантов компонент и формирование образца-аналога.

Реализация приведенных задач может быть реализована на основе оператора прецедентной системы принятия решений СППР [9].

Работа СППР при решении задач настоящего исследования описывается последовательностью фаз, таких как:

- выбор предпочтительного аналога или набора близких аналогов образцу оценивания;
- использования отобранных аналогов для формирования образцов-аналогов для компонент объекта оценивания на каждом уровне иерархии;
- выбор предпочтительного варианта образца-аналога;
- размещение в базе аналогов отобранного образца-аналога.

Далее необходимо для каждой фазы определить перечень задач и последовательность их решения в соответствии с иерархией структуры трехуровневого описания объектов оценивания. В результате будет получена иерархическая функциональная модель описания процесса формирования образца-аналога и компонент-аналогов последовательно, на каждом уровне, функциональной структуры образца оценивания.

В этом случае алгоритм работы СППР можно представить на формальном уровне в виде декомпозиции общей задачи СППР и формирования образца-аналога в виде последовательности выполняемых процедур F_i (шагов):

$$\text{СППР} = (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6),$$

где F_1 – выбор аналогов на основе оценки подобия для каждого уровня иерархии описания объекта оценивания; F_2 – построение ранжированного ряда аналогов компонент и образцов и образцов-аналогов; F_3 – передача отобранного аналога на верхний уровень структуры описания; F_4 – сохранение в хранилище отобранных аналогов; F_5 – перестройка хранилища по результатам формирования новых образцов-аналогов и компонент комплектования; F_6 – коррекция компетентности базы хранения на основе анализа рынка материалов, систем и элементов.

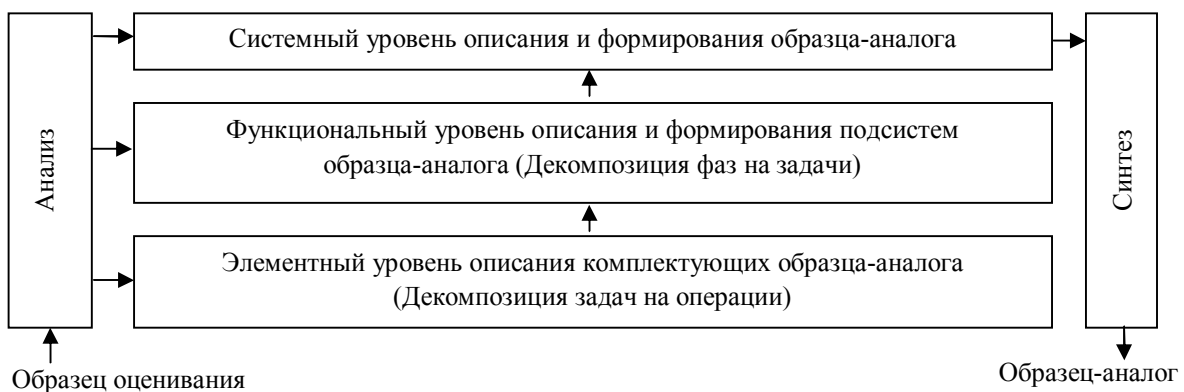


Рис. 2. Функциональная структура образца оценивания

Каждая из отмеченных процедур содержит свой перечень действий регламентного и функционального назначения, таких как для процедуры F_1 набор подзадач:

$$F_1 = \langle F_{11}, F_{12}, F_{13}, F_{14} \rangle,$$

где F_{11} – идентификации признаков объекта оценивания; F_{12} – выбор функции оценки сходства; F_{13} – поиск подобных прецедентов путем попарного сравнения описаний объекта оценивания или компоненты нижних уровней с вариантами (аналогами) из хранилища; F_{14} – отбор и ранжирование аналогов объекта оценивания на основе оценки сходства.

Результат работы данной процедуры это множество подобных образцов-аналогов S_p , которые в свою очередь являются исходными данными для следующей процедуры, что формально запишем в виде отображения:

$$F_1(SIM) \xrightarrow{S_p} F_2,$$

где SIM – функция оценки сходства.

Процедура F_2 содержит в своей структуре последовательность «своих» подзадач:

$$F_2 = \langle F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24} \rangle,$$

где F_{21} – ранжирование аналогов из множества кандидатов на основе оценки релевантности REL, ранжированное множество обозначим S_r ; F_{22} – выбор базового аналога P_0 ; F_{23} – учет информации о формируемом объекте оценивания на основе отобранного аналога; F_{24} – корректировка и адаптация формируемого аналога R_s на основе базы знаний предметной области.

Результатом является ранжированное множество образцов-аналогов S_r и базовый аналог P_0 для последующей адаптации формируемого решения.

Процедура 3. Производится оценка сформированного образца-аналога на соответствие реальному образцу оценивания. Выполняются такие подзадачи:

$$F_3 = \langle F_{31}, F_{32}, F_{33} \rangle,$$

где F_{31} – сравнительная оценка результатов на системном уровне иерархии, F_{32} – адаптация формируемого решения под требуемый результат, F_{33} – оценка сформированных образцов-аналогов на основе функции полезности альтернатив.

Задачи данной процедуры решаются с использованием теории функции полезности.

Результат данной процедуры – сформированное описание структуры образца-аналога R_s , которое является исходным для четвертого этапа:

$$F_3(U) \xrightarrow{R_s} F_4.$$

Процедура 4. На данном этапе последовательно выполняются такие задачи:

$$F_4 = \langle F_{41}, F_{42}, F_{43} \rangle,$$

где F_{41} – описание сформированного системного образца-аналога, F_{42} – операция реиндексирования хранилища образцов-аналогов, F_{43} – включение образца-аналога в хранилище.

На основе сформированного образца-аналога R_s формируются исходные условия для пятой процедуры:

$$F_4(P) \xrightarrow{P_s} F_5.$$

Процедура 5. Производится оценка состояния характеристик хранилища образцов-аналогов и их комплекующих для обеспечения необходимого уровня качества и полноты информации для работы в будущем. Здесь последовательно выполняются две задачи:

$$F_5 = \langle F_{51}, F_{52} \rangle,$$

где F_{51} – оценивание полноты и достоверности информации, F_{52} – задача мониторинга состояния хранилища аналогов.

Мера качества определяется как комплексная функция двух показателей:

$$Q = f(C, P),$$

где C – оценка компетентности системы хранения и формирования образцов-аналогов, P – оценка затрат на формирование образцов-аналогов.

Далее выполняется регламентная процедура управления хранилищем образцов-аналогов. При этом решаются следующие служебные задачи:

$$F_6 = \langle F_{61}, F_{62}, F_{63}, F_{64} \rangle,$$

где F_{61} – классификация содержимого хранилища, F_{62} – обобщение содержимого хранилища и модернизация, F_{63} – задача перестройки индексов хранилища, F_{64} – задача изменения содержания хранилища компонент аналогов.

Рассмотренные процедуры построения аналогов рассматриваются далее на основе структурной декомпозиции на более подробные этапы решения.

Так, для задач первой процедуры могут быть предусмотрены этапы:

$$F_{11} = \langle M_{111}, M_{112}, M_{113} \rangle,$$

где M_{111} – сопоставление признаков объекта оценивания и свойств образца-аналога, M_{112} – исключение нечетких, неточных и неполных описаний, M_{113} – сопоставление объекта оценивания системе классификации объектов.

$$F_{12} = \langle M_{121}, M_{122} \rangle$$

где M_{122} – поиск ограничений по базе знаний предметной области, M_{123} – формирование функции оценки подобия;

$$F_{14} = \langle M_{141}, M_{142} \rangle,$$

где F_{141} – ранжирование подобных аналогов, F_{142} – отбора подобных аналогов из множества кандидатов.

Рассмотренные выше этапы реализуются с помощью соответствующих моделей и методов.

Так, для задачи идентификации описания образца оценивания используются структурно-параметрические модели предметной области.

На второй процедуре также часть задач можно подвергнуть дальнейшей декомпозиции:

$$F_{21} = \langle M_{211}, M_{212} \rangle,$$

где M_{211} – отбор признаков для поиска релевантных описаний аналогов, M_{212} – оценка релевантности аналогов;

$$F_{23} = \langle M_{231}, M_{232} \rangle$$

где M_{231} – поиск предпочтительных аналогов, M_{232} – формирование искомого образца-аналога.

Метод выбора наиболее важных характеристик описания и поиска предпочтительного аналога производится на основе модели многокритериальной оценки и функции полезности.

При необходимости рассматривается перечень

работ в следующем наборе подзадач:

$$F_{51} = \langle M_{511}, M_{512}, M_{513} \rangle$$

где M_{511} – оценка компетентности системы поиска и оценки аналогов, M_{512} – оценка производительности системы, M_{513} – интегральная оценка качества системы;

$$F_{52} = \langle M_{521}, M_{522} \rangle$$

где M_{521} – мониторинг качества системы, M_{522} – поиск возможных изменений в хранилище аналогов;

Выполнение пятой и шестой процедур позволяет ограничивать избыточный рост хранилища аналогов образцов и компонент при сохранении баланса между установленным уровнем компетентности и заданным уровнем производительности системы. Реализация этих задач слабо зависит от особенностей предметной области, поэтому не требуется разработка специальных методов.

Рассмотренные модели структуризации процедур поиска идентификации и оценивания образцов-

аналогов позволяют систематизировать реализацию методики, сократить время поиска аналогов и повысить достоверность оценивания объектов заданного класса. Механизм описания процедуры формирования образцов-аналогов представлен феноменологической моделью на рис. 3.

Заключение

Данная работа посвящена разработке процедуры синтеза образца-аналога для оценивания сложных технических объектов.

Проведен анализ методов описания и оценки объектов исследуемого класса. Показано, что существующие методики оценки на обладают необходимой степенью объективной достоверности и не лишены значительного субъективизма.

Предложен подход к процедуре оценивания, основанный на системном описании объекта оценивания в виде структурной иерархии.

Оценку вариантов образцов-аналогов и их ранжирование предложено производить, используя общую теорию функции полезности и формирования многокритериальной скалярной оценки альтернатив компонент для выбора предпочтительного варианта образца-аналога для образца оценивания.

Разработана компонентная процедура формирования образца аналога из



Рис. 3. Модель описания процесса формирования альтернатив образцов-аналогов

набора компонент, хранящихся в архиве для каждого уровня описания образца оценивания и соответствующего образца-аналога.

Результаты работы могут применяться при построении системы поддержки принятия решений при оценке сложных объектов.

Литература

1. Тимчасовий порядок визначення оціночної вартості нерухомості та об'єктів незавершеного будівництва, що продаються (обмінюються). Затверджено постановою кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. N 1103 [Електронний ресурс] // Законодавство України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1103-2011-n>.

2. Національний стандарт N 2 "Оцінка нерухомого майна". Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2004 р. N 1442 [Електронний ресурс] // Законодавство України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1442-2004-n>. – 5.06.2012 р.

3. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств [Текст] / А.П. Ковалев,

4. А.А. Кушель, В.С. Хомяков, Ю.В. Андрианов, Б.Е. Лужанский, И.В. Королев, С.М. Чемерикин. – М.: Интерреклама, 2003. – 488 с.

5. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения [Текст] / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 559 с

6. Овезгельдыев, А.О. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации [Текст] / А.О. Овезгельдыев, Э.Г. Петров, К.Э. Петров. – К.: Наук. думка, 2002. – 161 с.

7. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений [Текст]: пер. с англ./ П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

8. Микони, С.В. Влияние формы функций полезности на результаты многокритериального выбора [Текст] / С.В., Микони В.А. Евстифеев // Программные продукты и системы. – 2011. – № 3. – С. 54–56.

9. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений [Текст] / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – №1. – С. 97-109.

Поступила в редакцию 5.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

СИНТЕЗ ЗРАЗКА-АНАЛОГА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Е.Г. Петров, В.М. Губа

Робота присвячена розробці процедури синтезу зразка-аналога для оцінювання складних технічних об'єктів. Оцінку варіантів зразків-аналогів і їхнє ранжирування запропоновано здійснювати, використовуючи загальну теорію корисності. Запропоновано формувати багатокритеріальну скалярну функцію корисності для оцінки альтернатив компонент для вибору кращого варіанта зразка-аналога для зразка оцінювання. Розроблено компонентну процедуру формування зразка аналога з набору компонентів, що зберігаються в архіві для кожного рівня опису зразка оцінювання й відповідного зразка-аналога.

Ключові слова: об'єкт оцінювання, аналог, багатокритеріальне оцінювання, функція корисності, система підтримки прийняття рішень.

PATTERNS-ANALOGUE SYNTHESIS FOR COMPLEX TECHNICAL OBJECT EVALUATION WITH MULTICRITERION EVALUATION THEORY APPLICATION

E.G. Petrov, V.M. Guba

This article is dedicated to development of patterns-analogue synthesis for complex technical object evaluation procedure. Patterns-analogue variants evaluation and its ranging is offered to perform with general utility theory application. Multicriterion scalar utility function is offered to form for component alternatives evaluation for prime variant pattern-analogue choice for evaluation sample. Component procedure for forming pattern-analogue from components collection in archive for every evaluation sample and corresponding pattern-analogue level is developed.

Key words: the object of evaluation, analog, multicriterial evaluation, the utility function, decision support system.

Петров Едуард Георгиевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. системотехники, Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харьков, Україна.

Губа Владимир Михайлович – молодший науковий співробітник, Харьковський науково-дослідницький інститут технології машинобудування, Харьков, Україна.